



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta textilní



Hodnocení managementu vlhkosti tkanin

Diplomová práce

Studijní program: N3957 – Průmyslové inženýrství
Studijní obor: 3901T073 – Produktové inženýrství

Autor práce: **Bc. Lucie Pološčuková**
Vedoucí práce: Ing. Pavla Těšinová, Ph.D.





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
Faculty of Textile Engineering



Evaluation of moisture management properties on woven fabrics

Diploma thesis

Study programme: N3957 – Industrial Engineering

Study branch: 3901T073 – Product Engineering

Author: **Bc. Lucie Pološčuková**

Supervisor: Ing. Pavla Těšinová, Ph.D.



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Lucie Pološčuková**
Osobní číslo: **T14000063**
Studijní program: **N3957 Průmyslové inženýrství**
Studijní obor: **Produktové inženýrství**
Název tématu: **Hodnocení managementu vlhkosti tkanin**
Zadávající katedra: **Katedra hodnocení textilií**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

- 1) Proveďte literární rešerši o komfortních vlastnostech první vrstvy. Zaměřte se na transportní jevy tkanin a fyzikální principy, které je popisují.
- 2) Experimentálně zjistěte plošnou nasákavost tkanin vybranými metodami. Zvolte různé materiálové složení vzorků v závislosti na použité vazbě.
- 3) Proveďte vyhodnocení experimentu se zřetelem na materiálové složení, vazbu a diskutujte také korelaci použitých testů.
- 4) Proveďte výpočet teoretické nasákavosti a ověřte korelaci s experimentem



Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: 50 - 60 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

ČSN 80 0831, Savost plošných textilií: Stanovení nasákavosti. Praha:

Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1971.

KOVAČIČ, Vladimír. Textilní zkušebnictví. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita, 2004, 2 sv. (79, 69 s.). ISBN 80-708-3825-6.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Pavla Těšinová, Ph.D.

Katedra hodnocení textilií

Datum zadání diplomové práce: 27. března 2015

Termín odevzdání diplomové práce: 13. května 2016



Ing. Jana Drašarová, Ph.D.
děkanka



doc. Ing. Vladimír Bajžík, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 9. listopadu 2015

Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

Poděkování

Touto cestou bych ráda poděkovala všem, kdo mi pomohli při tvoření této diplomové práce. Především bych chtěla poděkovat vedoucí práce Ing. Pavle Těšinové, Ph.D. za cenné rady, připomínky, čas a odborné vedení mé diplomové práce. Děkuji také katedře hodnocení textilií a katedře textilních technologií za poskytnutí vzorků a umožnění vykonání experimentu.

Anotace

Cílem diplomové práce je analýza a zhodnocení vlivu parametrů tkaniny (vazby a dostavy) na schopnosti managementu vlhkosti tkaniny. V rešeršní části práce jsou uvedeny poznatky o šíření vlhkosti v textilií, transportních jevech tkanin a jejich teoretické vysvětlení. Součástí je také charakteristika používaných testů pro hodnocení šíření vlhkosti v textilií. Experimentální část se zabývá stanovením plošné nasákavosti tkanin v závislosti na dostavě, vazbě a materiálu. Teoretické vysvětlení je aplikováno na experimentální tkaniny a porovnáno s naměřenými hodnotami. Dále je sledován vliv vazby, dostavy a materiálu na šíření vlhkosti v tkaninách.

Klíčová slova

distribuce vlhkosti, vzlínavost, plošná nasákavost, tkanina, vazba

Annotation

The main objective of this thesis is to analyse and evaluate influence of textile parameters on moisture management properties on woven textiles. Research part of the thesis describes characteristics of moisture transport and distribution through textiles and its theoretical explanation. The experimental part is dedicated to determination of surface water absorption of fabrics depending on weft density, weave and material. Theoretical explanation is applied to the experimental fabrics and compared with the measured values. Furthermore, the influence of structure, weave, weft density and used material on the moisture in the fabric is evaluated.

Key words

moisture distribution, wicking, surface water absorption, woven fabric, weave type

Obsah

Seznam symbolů a zkratk	9
Úvod.....	11
1. Rešeršní část	12
1.1 Komfortní vlastnosti textilií	12
1.2 Transport vlhkosti	14
1.2.1 Smáčení.....	14
1.2.2 Vztlínání.....	16
1.2.3 Teorie vztlínání	17
1.2.4 Dynamika vztlínání.....	19
1.3 Měření a hodnocení nasákavosti	22
1.3.1 Vztlínání.....	22
1.3.2 MMT	25
1.3.2.1 Parametry sledované přístrojem MMT	25
1.3.2.2 Princip měření	28
1.3.2.3 Charakteristika hlavních typů textilií	29
1.4 Použité metody statistického zpracování dat	30
2. Experimentální část	32
2.1 Charakteristika materiálu	33
2.2 Moisture management tester	34
2.2.1 Doba navlhčení	36
2.2.2 Savost.....	37
2.2.3 Maximální radius navlhčení.....	38
2.2.4 Rychlost šíření kapaliny.....	39
2.2.5 Schopnost jednosměrného přenosu kapaliny	40
2.2.6 Celkový ukazatel managementu vlhkosti (OMMC).....	40
2.2.7 Klasifikace tkanin	41
2.2.8 Závislost managementu vlhkosti na dopravě a vazbě	43
2.3 Kapkový test.....	45
2.4 Vztlínání	46
2.4.1 Sací výška	46
2.4.2 Vztlínání v závislosti na čase	49
2.5 Teoretická nasákavost	52

2.6	Korelace mezi teoretickou a experimentální nasákavostí	54
2.7	Diskuze výsledků	56
Závěr		59
Seznam literatury		61
Seznam obrázků		63
Seznam tabulek		64
Přílohy		65

Seznam symbolů a zkratk

\bar{x}		průměr
F_g	[N]	gravitační síla
F_p	[N]	síla vztlínání
g	[9,81 m.s ⁻²]	gravitační zrychlení
H	[m]	sací výška, výška nad volnou hladinou
h_k	[mm]	výška trubice
H_{max}	[m]	rovnovážná sací výška
K_1, K_2	[m ⁻¹]	křivosti hladinové plochy
m	[kg]	hmotnost
MMT		Moisture managemnet tester
$MWR_{horní}, MWR_{spodní}$	[mm]	maximální radius navlhčení (horní, spodní)
n	[-]	počet měření
NaCl		chlorid sodný
O	[m]	obvod podstavy válcové kapiláry
OMMC	[-]	ukazatel managementu vlhkosti textilie
p_1-p_2	[Pa]	rozdíl tlaků na koncích trubice
P_h	[Pa]	hydrostatický tlak
P_L	[Pa]	Laplaceův tlak
R	[-]	Index jednosměrného přenosu kapaliny textilií
R_1, R_2	[m]	poloměry křivosti hladinové plochy
R_i	[mm]	poloměr kruhu navlhčení
R_k	[m]	poloměr podstavy válcové kapiláry
r_k	[mm]	poloměr trubice
s		směrodatná odchylka
s^2		rozptyl
S_i	[mm.s ⁻¹]	rychlost šíření kapaliny
S_k	[m ²]	plocha podstavy válcové kapiláry
SST, SSB	[mm/s]	rychlost šíření kapaliny - horní a dolní strana
t	[s]	čas
Tan		tangens
TAR, BAR	[%/s]	Savost - horní a dolní strana
v	[%]	variační koeficient

V	$[m^3]$	objem kapaliny
WTT, WTB	$[s]$	doba navlhčení - horní a dolní strana
γ_l, γ_{sl}	$[J.m^{-2}]$	povrchové energie kapaliny, tuhé látky
γ_s	$[J.m^{-1}]$	mezifázová energie kapalina – tuhá látka
η	$[kg.s^{-1}.m^{-1}]$	dynamická viskozita kapaliny
Θ	$[-]$	kontaktní úhel
ρ	$[kg.m^{-3}]$	hustota kapaliny
σ_{LG}	$[N.m^{-1}]$	mezipovrchové napětí kapalina – vzduch

Úvod

Schopnost textilie přenášet kapalinu nebo vlhkost, také nazývaná jako management vlhkosti textilie, je velice významný a sledovaný faktor z hlediska funkčnosti a komfortu oděvů při jejich nošení. Pro udržení optimálního komfortu je důležité, aby byla vlhkost odváděna od pokožky na vrchní stranu textilie, kde dojde k jejímu odpaření. U tkanin, které jsou často používány především na výrobu pracovního oblečení, je důležité sledovat jejich schopnost absorpce potu a jeho rozptýlení na povrchu.

Hlavním cílem této práce je analyzovat plošnou nasákavost tkanin v závislosti na změně vazby a dostavy. Sledovány budou také změny v závislosti na materiálovém složení tkanin. Dílčími metodami pro analyzování nasákavosti jsou zjištění plošné nasákavosti tkanin pomocí vybraných metod, zhodnocení managementu vlhkosti tkaniny a výpočty teoretické nasákavosti.

V rešeršní části diplomové práce jsou nejdříve charakterizovány komfortní vlastnosti textilních materiálů. Další část je zaměřena na transport vlhkosti v textilií. Jsou zde charakterizovány základní transportní jevy tkaniny a vztahy pro jejich teoretické vysvětlení. Součástí rešeršní části práce je také charakteristika běžně používaných testů pro hodnocení nasákavosti, zvláštní část je věnovaná přístroji Moisture management tester (MMT).

Podstatou experimentální části práce je zjišťování plošné nasákavosti na souboru experimentálních tkanin lišících se dostavou útku, vazbou a materiálem. Pro měření plošné nasákavosti byl vybrán proužkový test vzlínání a měření na přístroji MMT. U experimentálně naměřených hodnot je zhodnocen vliv materiálů, dostavy a vazby na transport vlhkosti v tkanině. Vybrané teoretické vztahy uvedené v rešeršní části práce jsou aplikovány na experimentální tkaniny. Dále je ověřena vhodnost jejich použití pomocí míry korelace mezi teoretickými a naměřenými hodnotami.

1. Rešeršní část

1.1 Komfortní vlastnosti textilií

Komfortní vlastnosti oděvů představují důležitou oblast při výrobě oděvů. Oděv plní ochrannou funkci a dochází v něm k prostupu tepla a vlhkosti. Oděvní komfort lze definovat jako stav, kdy jsou fyziologické, psychologické a fyzikální funkce organismu člověka a jeho okolí v optimálním stavu. Zahrnuje ochranu proti chladu nebo teplu, transport vlhkosti a mechanické vlivy. Pokud nastávají pocity tepla nebo chladu nastává diskomfort. Komfort lze rozdělit na psychologický, senzorický a termofyziologický. [1]

Psychologický komfort

Psychologický komfort úzce souvisí s rozumovým smýšlením skupin nebo jedince. Lze ho rozdělit dle několika hledisek např. klimatická (podmíněná geografickou polohou), ekonomická (výrobní prostředky, technologie), kulturní (zvyky, tradice,...) a sociální (věk, postavení,...) [1]

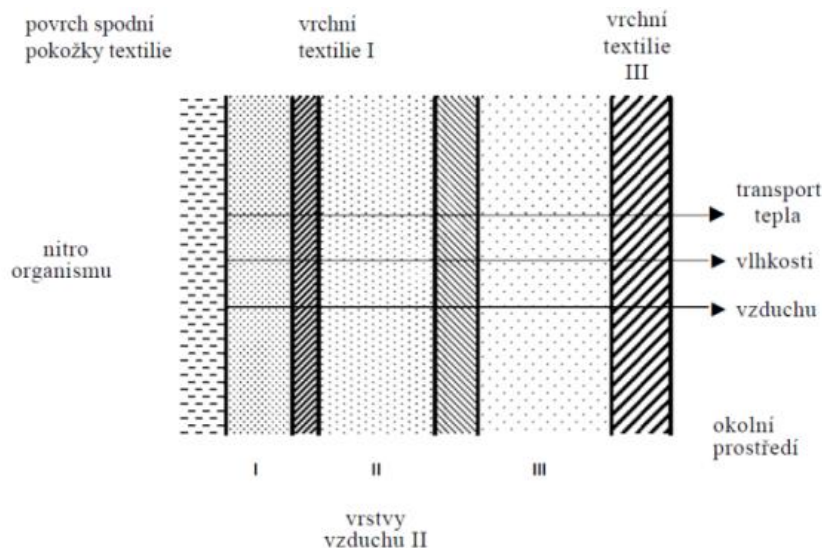
Senzorický komfort

Senzorický komfort představuje vjemy a pocity při styku pokožky a textilie (první vrstvy oděvu). Lze ho rozdělit na komfort nošení a na omak. Komfort nošení je charakterizován povrchovou strukturou textilie, mechanickými vlastnostmi nebo schopností absorbovat a transportovat plynnou či kapalnou vlhkost. Omak je charakterizován například hladkostí, tuhostí nebo tepelně-kontaktním vjemem. Jeho hodnocení je subjektivní. [1]

Termofyziologický komfort

Termofyziologický komfort je dán schopností termoregulace organismu, která vyplývá z rovnováhy mezi množstvím tepla vytvořeného organismem a odevzdaného do okolí. Tento komfort lze charakterizovat dvěma základními parametry, tj. tepelný a výparný odpor. Výparný odpor oděvu a vnější vrstvy představuje tepelné účinky vnímané pokožkou při odpařování potu. [1]

Důležitým faktorem pro oděvní komfort je společný přenos tepla a vlhkosti v textiliích. Transport tepla a vlhkosti v oděvním systému může být usnadňován nebo brzděn, čímž se pomáhá termoregulaci organismu. Pro dosažení vyššího komfortu je v dnešní době oděvní systém tvořen třemi základními vrstvami: transportní, izolační a vrchní (viz obrázek 1). Tyto tři vrstvy se navzájem ovlivňují a vytváří tak závislý systém, který transportuje teplo, vlhkost a vzduch. [1]



Obrázek 1 - Oděvní systém, [1]

Ochranná vrstva: vrchní vrstva oděvu plní ochrannou funkci před okolními vlivy, jako déšť, vítr nebo slunce. Zároveň nesmí negativně ovlivnit vlastnosti ostatních vrstev.

Izolační vrstva: prostřední vrstva oděvu, která plní funkci tepelné izolace a odvádí vlhkost a teplo do okolí.

Transportní vrstva: nejspodnější vrstva oblečení, která je v bezprostředním kontaktu s pokožkou se nazývá transportní (první) vrstva. Hlavní funkcí této vrstvy je odvod vlhkosti od pokožky do dalších vrstev a ven do okolí. Materiály použité pro tuto vrstvu musí dobře transportovat kapaliny, ne je pouze absorbovat.

Mezi hlavní faktory při stanovení komfortu textilií patří transport vody od povrchu těla, dobrá absorpce a sušení materiálu. Ideální příklad nastává, když je kapalina absorbována do textilie, následně je dopravena k vnějšímu povrchu a odpařena. Tyto jevy probíhající při kontaktu kapaliny s textilií jsou charakterizovány jako schopnost managementu vlhkosti v plošné textiliích. [1; 2]

1.2 Transport vlhkosti

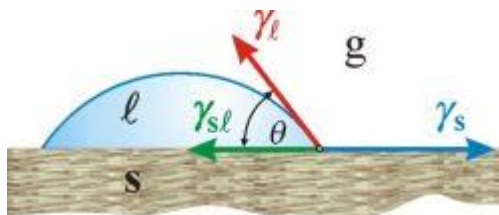
Při vniku kapaliny do textilie může být vlhkost přenášena nasáním nebo vztlínáním. Nasákavost je schopnost textilie absorbovat plynnou nebo kapalnou vlhkost od pokožky a přepravovat ji z vnitřní strany na povrch textilie. Dle normy ČSN 80 0831, Savost plošných textilií: Stanovení nasákavosti. [3] je nasákavost definována jako schopnost plošné textilie přijímat a fyzikálně vázat vodu při ponoření za stanovené teploty a doby. Je vyjádřena v procentech. Základním předpokladem a podmínkou pro transport kapaliny v textilií je smáčení kapalinou. Pokud nedochází ke smáčení kapalinou, nedochází ani ke vztlínání kapaliny. [4]

1.2.1 Smáčení

Proces smáčení je druh dynamického procesu. Smáčení lze charakterizovat jako schopnost kapaliny pronikat do vnitřních struktur systému či jako schopnost kapaliny rozprostírat se na povrchu pevné látky vlivem kapilárních sil. Dochází k němu při kontaktu povrchu pevné látky s kapalinou.

Smáčení je ovlivněno řadou faktorů, především povrchovým napětím vznikajícím na rozhraní textilie, vody a vzduchu. Protože kapalina neproniká do pevné látky, je významný parametr povrchu pevné látky. Proto má na smáčivost velký vliv např. modifikace vláken nebo finální úpravy textilií. Pokud dochází k migraci kapaliny přes povrch pevné látky k dosažení termodynamické rovnováhy, hovoříme o spontánním smáčení. Pokud je potřeba vnějších mechanických a hydrodynamických sil, jedná se o smáčení vynucené. [2; 5]

Hlavní charakteristikou procesu smáčení je tzv. **kontaktní úhel θ** , také nazýván jako úhel smáčení. Je to úhel, který svírá tečna k povrchu kapky vedená v bodě styku kapky s rozhraním, viz obrázek 2. Kontaktní úhel lze vyjádřit pomocí Youngovy rovnice (1.1), která udává vztah mezi úhlem smáčení na rozhraní tří fází (pevné, kapalně a plynné nebo kapalně) a jednotlivými mezifázovými energiemi. [6; 7]



Obrázek 2 – Kontaktní úhel [7]

$$\gamma_l * \cos\theta = \gamma_s - \gamma_{sl} \quad (1.1)$$

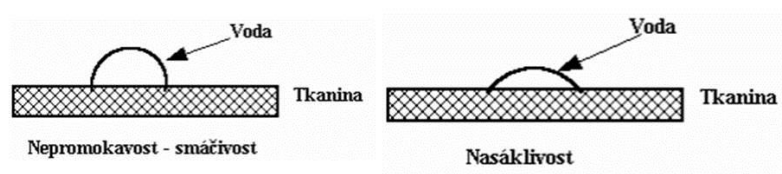
kde

θ kontaktní úhel [-],

γ_l, γ_{sl} .. povrchové energie kapaliny, tuhé látky [$\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$]

γ_s mezifázová energie kapalina – tuhá látka [J]

Kontaktní úhel udává tvar kapky kapaliny na povrchu textilie. Pokud bude mít kapalina vysoké povrchové napětí, vytvoří na povrchu kulatou kapku. Při poklesu povrchového napětí dochází k rozšíření kapky a kontaktní úhel se zmenšuje. Pokud je kontaktní úhel menší než 90° , dochází ke smáčení (nasáklivost), pokud je větší než 90° , jedná se o vodoodpudivost (nepromokavost), viz obrázek 3. [7; 8]



Obrázek 3 – Kapka vody na tkanině, převzato [4]

Úhel smáčení může být stanoven přímým nebo nepřímým měřením. [9] Nepřímé metody jsou založeny na tenzometrických metodách nebo na analýze profilu kapky s pomocí drsných rovinných povrchů nebo práškových materiálů. Mezi přímé goniometrické metody patří například měření úhlu na hladké naklánějící se destičce, kdy je destička zkoumaného materiálu ponořena do kapaliny a nakláněna. Další možností přímého měření jsou kapkové a bublinové metody, u kterých není potřeba znát hustotu kapaliny a povrchové napětí. Kontaktní úhel je stanoven z profilu přisedlé kapky nebo bubliny přilínající k tuhé látce buď pomocí tangenty k profilu v bodě kontaktu s pevnou látkou, nebo pomocí rozměrů kapky dle vztahů (1.2) nebo (1.3).

$$\operatorname{tg} \frac{\theta}{2} = \frac{h}{r} \quad (1.2)$$

$$\sin \theta = \frac{2hr}{h^2 + r^2} \quad (1.3)$$

kde

h výška kapky

r poloměr kapky

1.2.2 Vzlínání

Pokud dojde k ustálení rovnováhy mezi tekutinou a povrchem vlákna, dochází ke smočení textilie kapalinou. Výsledné kapilární síly pak pohánějí kapalinu do kapilárních mezer a nastává proces vzlínání.

Vzlinavost neboli kapilární elevace je schopnost pohlcovat a přenášet kapalinu působením kapilárních sil, když je textilie úplně nebo částečně ponořena do kapaliny. Když je textilie v kontaktu s určitým množstvím kapaliny, dochází ke kapilárnímu průniku kapaliny ze zásobníku do tzv. kapilárních prostor. Tyto prostory představují mezivláknenné oblasti v přízích, v případě husté struktury textilie také okolí vazných bodů. [5; 10]

Autoři článku [11] definují smáčení jako chování mezi kapalinou a pevným povrchem. Popisuje interakci mezi kapalinou a textilií než nastane vzlínání. Vzlínání pak definují jako schopnost udržení toku kapilárou.

Vzlínání se vyskytuje pouze u smáčivých povrchů. Ke vzlínání může dojít, pouze když jsou shluky vláken s kapilárními prostory smáčeny kapalinou. Vzlínání je závislé na velikosti a tvaru pórů v textilií, obsahu hydrofilních skupin v molekulové struktuře a povrchovém napětí vláken. Rychlost vzlínání je závislá především na materiálovém složení a struktuře plošné textilie. [5; 6]

Celý proces vztlínání je ovlivněn mnoha faktory a lze ho rozdělit na několik typů [5]:

- **Vnější síly působící na kapalinu při vztlínání.** V případě působení vnějších sil jde o vztlínání nucené. Při absenci těchto vnějších sil jde o vztlínání samovolné.
- **Směr vedení kapaliny.** Kapalina může stoupat, klesat nebo neměnit svoji výšku.
- **Orientace vláken vůči směru vztlínání.** Dochází ke vztlínání podélnému (probíhá vodorovně s textilií) a příčným (kolmo na textilii).
- **Dle objemu zásobníku kapaliny.** Zásobník kapaliny, ze kterého dochází ke vztlínání, může být nekonečný (kádinka) nebo omezený (kapka na textilii).

1.2.3 Teorie vztlínání

Křivost povrchu a tlak v kapalině [6]

Pokud na kapalinu nepůsobí jiné síly, pak v ní lze předpokládat pouze tlak hydrostatický P_h , který lze vypočítat dle rovnice (2.1). Pokud není alespoň část hladiny kapaliny zakřivená, souvisí vnitřní tlak s tvarem hladiny (křivostí), kterou je možné vyjádřit pomocí Laplaceovy rovnice (2.2). Pokud bude tlak v kapalině ve stejné výšce nad hladinou, je možné tyto dva vztahy zkombinovat.

$$P_h = -H\rho g \quad (2.1)$$

kde

P_h hydrostatický tlak [Pa],

H výška nad volnou hladinou kapaliny [m],

ρ hustota kapaliny [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$],

g gravitační zrychlení [$9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$],

$$P_L = \sigma_{LG} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = \sigma_{LG} (K_1 + K_2) \quad (2.2)$$

kde

P_L Laplaceův tlak [Pa],

σ_{LG} povrchové napětí kapaliny na mezifázi vzduch (G) – kapalina (L) [N.m^{-1}],

R_1, R_2 poloměry křivosti hladinové plochy [m],

K_1, K_2 křivosti hladinové plochy [m^{-1}],

Vzlínání kapaliny do válcové kapiláry [6]

Válcová kapilára je dutina o určité výšce, která má tvar válce s kruhovou podstavou. Vzlínání nastává, když se kapalina dostane do kontaktu s touto kapilárou a samovolně do ní proniká až do okamžiku ustanovení rovnováhy. Rovnováha mezi gravitační silou a silou vzlínání pak určuje sací výšku, tj. výšku, do které kapalina vystoupá v nekonečném čase. **Gravitační sílu F_g** jako funkci sací výšky lze pro válcovou kapiláru vyjádřit rovnicí (2.3):

$$F_g = mg = S_k H \rho g = S_k \pi R_k^2 H \rho g \quad (2.3)$$

kde

m hmotnost [kg],

g gravitační zrychlení [$9,81 \text{ m.s}^{-2}$],

S_k plocha podstavy válcové kapiláry [m^2],

R_k poloměr podstavy válcové kapiláry [m],

H sací výška [m],

ρ hustota kapaliny [kg.m^{-3}]

Silovou rovnováhou mezipovrchových sil na rozhraní kapalina-plyn-pevná látka udává **síla vzlínání F_p** . Tato síla je nezávislá na sací výšce a pro válcovou kapiláru jí lze vyjádřit jako funkci geometrických a fyzikálně-chemických vlastností (2.4):

$$F_p = O * \sigma_{LG} * \cos \theta = 2 * \pi * R_k * \sigma_{LG} * \cos \theta \quad (2.4)$$

kde

O obvod podstavy válcové kapiláry [m],

σ_{LG} mezipovrchové napětí kapalina – vzduch [N.m^{-1}],

Θ kontaktní úhel [-],

R_k poloměr podstavy válcové kapiláry [m],

Sací výška kapaliny v kapiláře závisí na úhlu smáčení, poloměru, povrchovém napětí kapaliny a hustotě kapaliny. Rovnovážnou **sací výšku** H_{max} lze vyjádřit rovnicí (2.5).

$$H_{max} = \frac{2 \cdot \sigma_{LG} \cdot \cos \theta}{\rho \cdot g \cdot R_k} \quad (2.5)$$

kde

σ_{LG} mezipovrchové napětí kapalina – vzduch [$\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$],

Θ kontaktní úhel [-],

g gravitační zrychlení [$9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$],

R_k poloměr podstavy válcové kapiláry [m],

H sací výška [m],

ρ hustota kapaliny [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]

Statika vztlínání je běžně analyzována pomocí výše uvedených vztahů. Vzorce jsou však platné jen pro kapiláry a pro textilie je nelze obecně použít. Kapiláry tvoří uzavřený systém, kde se nemění povrch kapaliny. Pevné stěny kapiláry brání vytékání kapaliny ven. Zatímco textilie je systém otevřený, kdy je povrch tvořen vlákny i kapalinou. Kapalina je v textilií soustavně držena svým povrchovým napětím. [6]

1.2.4 Dynamika vztlínání

Pro základní popis dynamiky vztlínání je používán Lucas-Washburnův vztah (3.1). Tento vztah vychází z rovnováhy mezipovrchových a gravitačních sil pro kapalinu mezi vlákny. Je založen na zjednodušení mnohotvárné struktury vlákenné hmoty do podoby jedné kapiláry. Tento model dává srovnatelné výsledky s chováním textilií při transportu kapalin. Lucas-Washburnův vztah je odvozen ze vztahu pro tok dV/dt trubicí, který je dán vztahem označovaným jako Hagenův - Poiseuilleův zákon (3.2). [6; 12]

$$\frac{dH}{dt} = \frac{R \cdot \rho \cdot g \cdot (2 \sigma_{LG} \cdot \cos \theta - H \cdot R)}{8 \cdot H \cdot \eta} \quad (3.1)$$

$$\frac{dV}{dt} = \frac{\pi (p_1 - p_2) r_k^4}{8 h_k \mu} \quad (3.2)$$

Podmínkou pro použití tohoto vztahu je systém rovnoběžných kapilár. Pro aplikaci je nutné znát úhel kapaliny s vláknem, povrchové napětí a geometrii pórů. V reálné vlákně struktuře (příze, tkaniny) se však vyskytují parametry, které nejsou ve vztahu zahrnuty. Jedná se například o bobtnání vláken, změna povrchové energie v čase, hladina kapaliny ve svislém povrchu textilie nebo poloměr pórů, který se mění s deformací struktury. Protože tento vztah dostatečně neodpovídá realitě, lze jej použít pouze pro vztlínání kapaliny proti nebo ve směru gravitace. Pokud je známa sací výška jsou parametry dosazeny do Hagen-Poiseuilleova vztahu (3.2) a je získáno další vyjádření (3.3) Lucas-Washburnova vztahu. [6; 12]

$$\frac{dH}{dt} = \frac{R^2 \rho g (H_{max} - H)}{8H\eta} \quad (3.3)$$

Pro analytické vyjádření závislosti sací výšky na čase a další numerické výpočty je používána použit integrovanou verzi vztahu nebo odmocninovou aproximaci (3.4). [6; 12]

$$H = \frac{\rho R^2 g H_{max}}{8\eta} \sqrt{t} \quad (3.4)$$

kde

H..... sací výška [m]

H_{max}... rovnovážná sací výška [m],

t čas [s]

R..... poloměr kapiláry [m],

ρ hustota kapaliny [kg.m⁻³]

g gravitační zrychlení [9,81 m.s⁻²]

σ_{LG}..... mezipovrchové napětí kapaliny [N.m⁻¹]

Θ..... kontaktní úhel mezi povrchem kapaliny a povrchem vlákna [°]

η dynamická viskozita kapaliny [kg.s⁻¹.m⁻¹]

V objem kapaliny [m³]

r_k, h_k ... poloměr a výška trubice [mm]

p₁-p₂ rozdíl tlaků na koncích trubice [Pa]

Pro vztlínání kapaliny do tkaniny lze použít stejné principy jako pro válcovou kapiláru. Distribuce kapaliny v tkaninách je však složitější, protože má kapalina pronikající do struktury komplikovaný tvar a povrch. Zároveň zde dochází k šíření kapaliny v přízi i mezi přízemi. U tkaniny lze předpokládat, že v dolní části textilie bude větší množství kapaliny než v horní části. Vztlínání kapaliny textilií je závislé na několika dalších parametrech jako např. sklon nitě. [6]

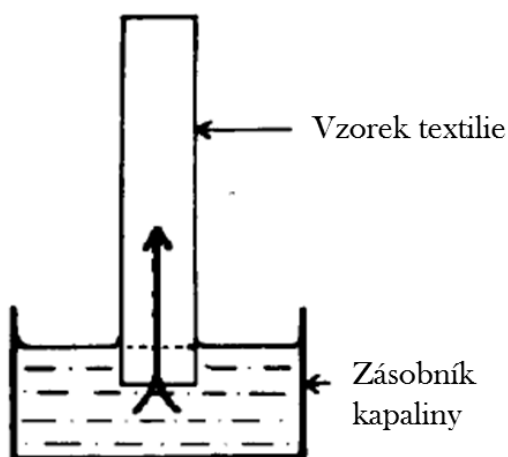
V literatuře lze najít několik studií zabývajících se vztahem mezi absorpcí kapaliny nebo vztlínáním a parametry textilií. Studie jsou zaměřeny především na pleteniny, u kterých je přenos vlhkosti velice důležitý. Velký význam má přenos vlhkosti také u tkanin. Dle [13] je schopnost absorpce kapaliny do tkaniny dána její strukturou. Keprové vazby, které mají vyšší porozitu, absorbují kapaliny lépe než plátňové vazby. Stejně je tomu tak v porovnání atlasových a plátňových vazeb. Dle [14] má na kapilární vztlínání vliv počet a rozmístění vazných bodů v tkanině. Tkaniny, kde se vazné body dotýkají, dosahují lepších koeficientů vztlínání. Vliv vazby tkaniny na vztlínání je analyzován také v článku [15]. Z analýzy plyne, že vztlínání u tkanin s horizontálním řádkováním je vyšší než u tkaniny s rovnoměrně rozloženými vaznými body. To je způsobeno nepravidelným umístěním volných úseků nití na okraji horizontálních řádků, a tím dochází k lepšímu vztlínání. Rozdíly jsou také ve směru osnovy a útku, což může být způsobeno kolísáním napětí osnovních a útkových nití. Na vztlínání v tkanině má také vliv dostava útku [2]. Tento vliv však nemusí být vždy kladný. Se zvyšováním dostavy dochází ke zvýšení výšky vztlínání pouze do určitého bodu, po dosažení určité úrovně pak vztlínání opět klesá, protože se snižuje velikost pórů. Velikost a tvar pórů má také vliv na vztlínání, kdy se zvyšováním velikosti pórů dochází k lepšímu vztlínání.

1.3 Měření a hodnocení nasákavosti

1.3.1 Vzlínání

Měření a hodnocení vzlínání lze provádět sledováním hmotnostních změn textilie nebo sledováním kapaliny v textilním útvaru. Jiné postupy se v praxi neujaly.

Hodnocení vzlínivosti nejčastěji probíhá pomocí proužkového testu (obrázek 4), kde se stanovuje tzv. sací výška, které kapalina dosáhne v předepsaných časových intervalech. [4]



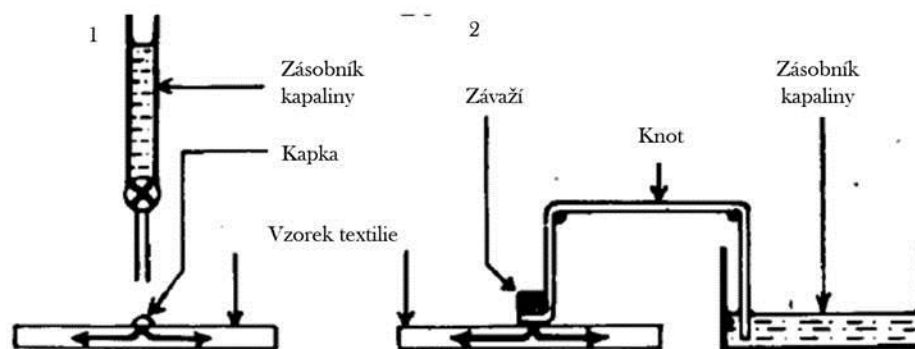
Obrázek 4 - Stanovení sací výšky pomocí proužkového testu, převzato [11]

Dle normy ČSN 80 0828:Plošné textilie. Stanovení savosti vůči vodě. Postup vzlínáním [16] se zkoušky provádí na klimatizovaných vzorcích o rozměrech 255 x 10 mm. Vzorky se ponoří do kapaliny do hloubky 10 mm. Doba testování se zvolí z řady 10 s, 20s, 30 s, 60 s, 30 min. Parametry získané provedením zkoušky jsou doba vzlínání, výška vzlínání nad hladinu zásobníku (sací výška H), případně hmotnost kapaliny v mokré textilií vztažená k hmotnosti suché textilie.

Další metody měření

Skvrnový test

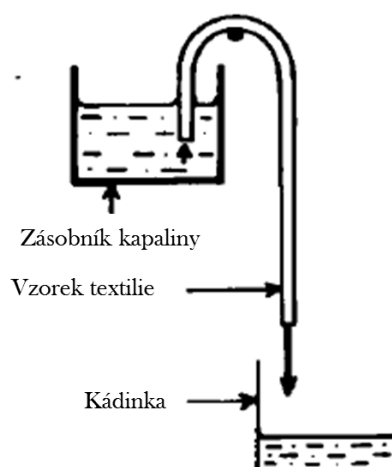
Existují dvě varianty skvrnového testu (obrázek 5). Varianta jedné kapky (1) spočívá v aplikaci kapky o určitém objemu na textilii, kdy je sledována doba vsátí kapky do textilie. Varianta kontinuálního toku (2) sleduje průměrnou rychlost smáčení. Vzlínání probíhá pomocí knotu, který je zatížen tlakem. [11]



Obrázek 5 – Skvrnový test, převzato [11]

Sifonový test

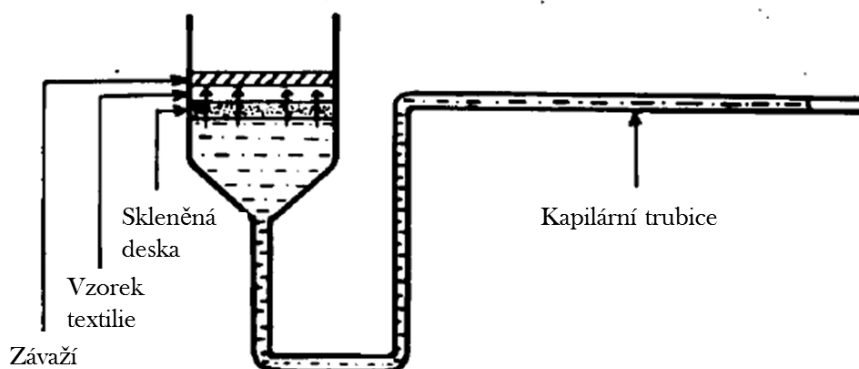
Textilie (200 x 25 mm) je ponořena do zásobníku v hloubce 40 mm. Sledovaný parametr je doba spadnutí první kapky dopadající do kádinky, viz obrázek 6. [11]



Obrázek 6 - Sifonový test, převzato [11]

Deskový test

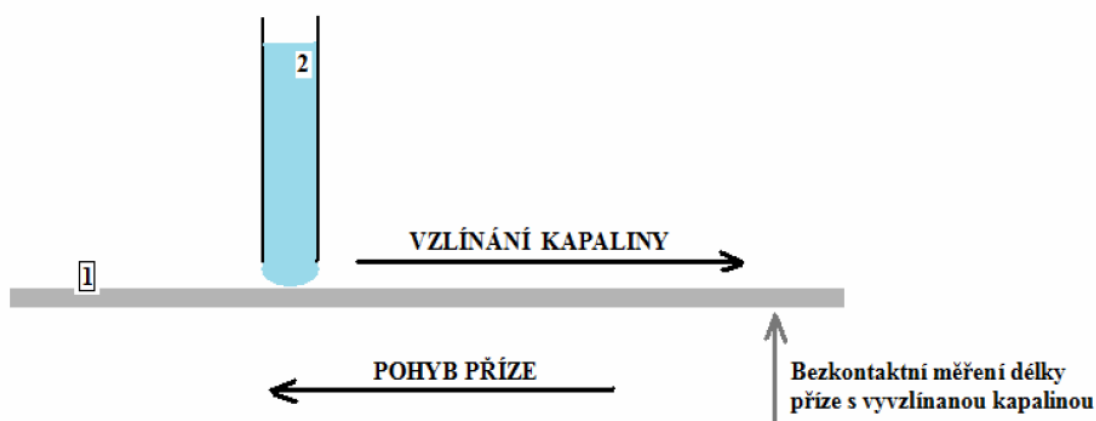
Při měření deskovým testem (obrázek 7) prochází tekutina kapilární trubicí, kontaktní tlak deska/textilie je 0,089 kPa. Měřené parametry jsou průměrná rychlost transportu kapaliny v době 10 až 60 min nebo do vyprázdnění trubice. [11]



Obrázek 7 - Deskový test, převzato [11]

Dynamický test

Při dynamickém testu (obrázek 8) je sledována délka smočeného úseku textilie při rychlosti a pohybu přize do ustanovení dynamické rovnováhy. [8]



Obrázek 8 - Dynamický test, kde 1 - textilie, 2 - zásobník; převzato [8]

1.3.2 MMT

Jedním z nových druhů testování distribuce kapalné vlhkosti v ploše textilie je přístroj Moisture Management Tester – MMT. Tuto metodu lze použít pro kvantitativní měření přenosu kapalné vlhkosti v ploše textilie a skrz textilií. Měření dynamického šíření vlhkosti probíhá na základě změny elektrického odporu, a to ve třech dimenzích: savost (doba pohlcování vlhkosti), jednosměrný převod vlhkosti a rychlost šíření vlhkosti. [17]

Způsobilost použití MMT pro objektivní hodnocení komfortních vlastností sportovních oděvů je řešena v práci [18]. Pro účely této práce bylo vybráno osm sad sportovního oblečení různých značek, které byly testovány pomocí přístroje MMT, a výsledky byly porovnány se subjektivním vnímáním pocitu vlhkosti při pohybu. Jednotlivé druhy sportovního oblečení vykazovaly značné rozdíly ve schopnosti přenášet vlhkost. Subjektivní hodnocení, které je silně závislé na druhu materiálu a době pohybu, bylo na základě korelace porovnáno s výsledky testů na přístroji MMT. Významná korelace mezi hodnotami naměřenými a subjektivními potvrzuje vhodnost objektivního použití přístroje pro hodnocení přenosu vlhkosti v textiliích.

1.3.2.1 Parametry sledované přístrojem MMT

Doba navlhčení (WTT, WTB)

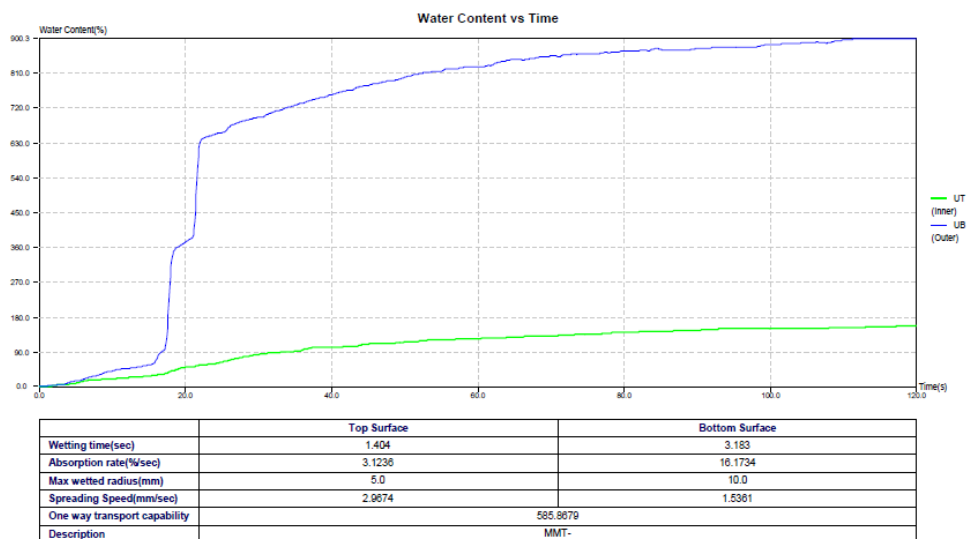
Tento parametr je sledován na horní (rubní) i spodní (lícní) straně testovaného materiálu. Ukazuje na časový interval mezi počátkem navlhčení povrchu textilie a momentem překročení hodnoty Tan (15°), kterou dosáhne vodní sloupec objemu vody na obou stranách. Absorpce kapaliny do textilie je zobrazena na obrázku 9. [17]



Obrázek 9 - Proces absorpce kapaliny [17]

Savost (TAR, BAR)

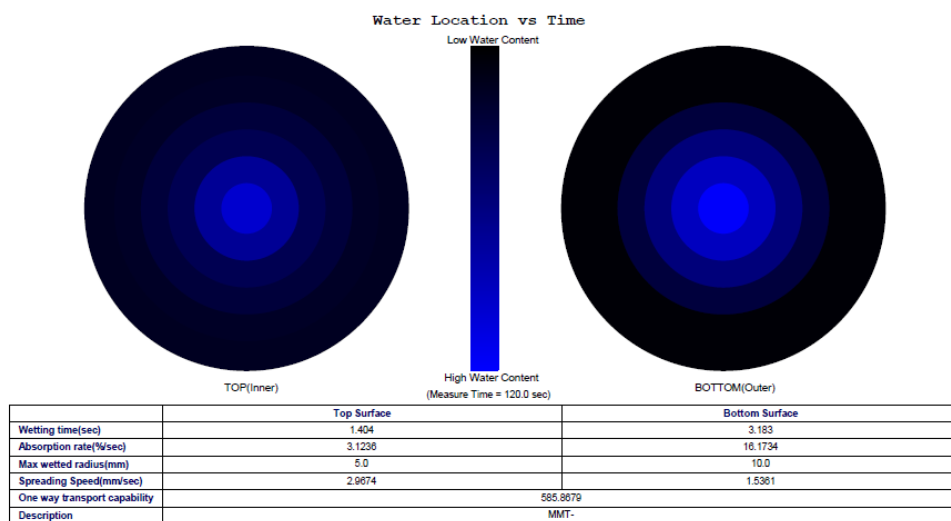
Sleduje průměrnou schopnost textilie (na obou jejích stranách) absorbovat vlhkost za dobu provozu. Grafický výstup přístroje MMT je zobrazen na obrázku 10. [17]



Obrázek 10 – Typické křivky, savost a doba navlhčení PES tkaniny, plátno

Maximální rádius navlhčení ($MWR_{horní}$, $MWR_{spodní}$)

Zde se měří maximální rádius navlhčeného kruhu na obou stranách textilie v okamžiku, kdy vodní sloupec celkového objemu vody dosáhne hodnoty vyšší než Tan (15°), viz obrázek 11. [17]



Obrázek 11 - Oblasti vlhčení PES tkaniny, plátno

Rychlost šíření roztoku textilií

Kumulativní rychlost, jakou se roztok šíří od středu do maximálního poloměru navlhčení, se nazývá rychlost šíření roztoku textilií. Rychlost šíření kapaliny S_i lze vypočítat dle vzorce (5.1). Potom pro kumulativní rychlost SS platí vzorec (5.2). [17]

$$S_i = \frac{\Delta R_i}{\Delta t_i} = \frac{R}{t_i - t_{i-1}} \quad (5.1)$$

$$SS = \sum_{i=1}^N S_i = \sum_{i=1}^N \frac{R}{t_i - t_{i-1}} \quad (5.2)$$

kde

S_i rychlost šíření kapaliny [$\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$]

R_i poloměr kruhu navlhčení [mm]

t čas [s]

i 1,2,3,4,5,6

Index kumulativního jednosměrného přenosu kapaliny textilií R

Rozdíl (5.3) kumulativního obsahu vlhkosti mezi jednotlivými stranami textilie za celkový čas. [17]

$$R = \frac{\text{Oblast } (U_{\text{spodní}}) - \text{Oblast } (U_{\text{horní}})}{\text{celkový čas zkoušky}} \quad (5.3)$$

Celkový ukazatel managementu vlhkosti textilie (OMMC)

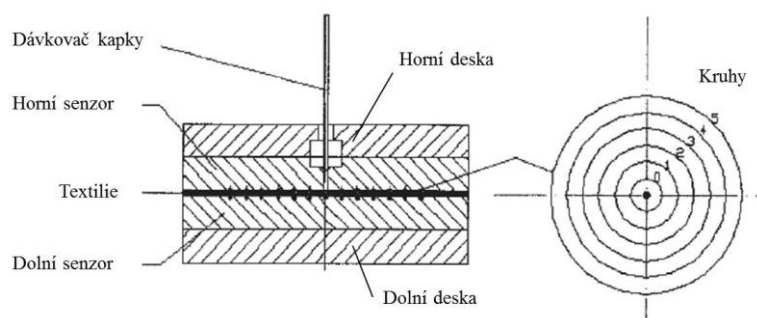
Vyjadřuje celkovou schopnost textilie šířit absorbovanou vlhkost. Zahrnuje následující parametry (5.4): savost spodní stranou textilie (BAR), schopnost jednosměrného přenosu vlhkosti (R) a kumulativní rychlost šíření kapaliny (BSS):

$$OMMC = C1 * BAR_{ndv} + C2 * R_{ndv} + C3 * BSS_{ndv} \quad (5.4)$$

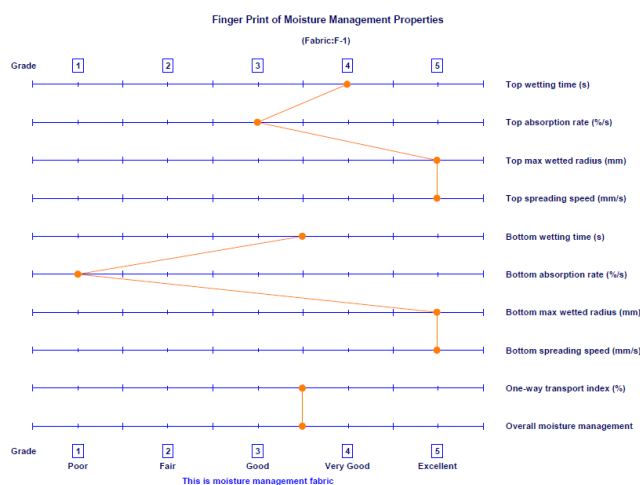
kde $C1$, $C2$, $C3$ jsou hmotnosti bezrozměrných hodnot ndv

1.3.2.2 Princip měření

Přístroj sleduje, měří a zaznamenává šíření kapaliny textilií ve více směrech. Princip měření na tomto přístroji spočívá v umístění zkoušeného vzorku textilie mezi soustředně umístěné destičky, které jsou osazeny čidly vlhkosti (obrázek 12). Čidla vlhkosti jsou umístěny v pěti koncentrických kruzích. Na horní (rubní) stranu textilie je následně aplikován zkušební roztok ($0,21\text{g NaCl} - 9\text{g.l}^{-1}$), který simuluje syntetický pot. Testování je založeno na sledování změny elektrického odporu tkaniny při kontaktu s kapalinou, kdy při zvýšení vlhkosti elektrický odpor poklesne. Na základě těchto změn je možné kvantitativně měřit kolísání obsahu vody v závislosti na čase na horní a dolní straně tkaniny. Přístroj sleduje šíření tohoto roztoku textilií ve třech směrech: směrem k vnějším okrajům na horní straně textilie, přenos kapaliny textilií z horní strany do spodní a šíření směrem k vnějším okrajům na spodní straně textilie. Naměřené hodnoty pak určují charakteristickou schopnost managementu vlhkosti textilie, viz obrázek 13. [17]



Obrázek 12 - Schéma snímacího panelu přístroje MMT, [18]



Obrázek 13 - Hodnocení schopnosti managementu vlhkosti

1.3.2.3 Charakteristika hlavních typů textilií

Charakteristika schopnosti managementu vlhkosti textilie je určena na základě tabulky se stupnicí hodnocení (příloha1). Výsledné hodnoty rozdělují textilie do několika typů, viz tabulka 1. [17]

Tabulka 1 - Typy textilií [17]

Voděodolné textilie	dochází k velmi pomalé absorpci tekutiny, kapalina se šíří pomalu a nedochází k jednosměrnému přenosu
Vodu odpuzující textilie	nedochází k navlhčení, absorpci ani šíření kapaliny
Pomalou absorbující a pomalu schnoucí textilie	dochází k pomalé absorpci a šíření tekutiny v textilií, jednosměrný přenos kapaliny textilií je slabý
Rychle absorbující a pomalu schnoucí textilie	dochází ke střednímu až rychlému namočení a absorpci, dochází ke slabému jednosměrnému přenosu a pomalému šíření kapaliny textilií
Rychle absorbující a rychle schnoucí textilie	dochází ke střednímu až rychlému namočení, absorpci, jednosměrný přenos kapaliny textilií je slabý, rychlost a oblast šíření kapaliny je velká
Vodě propustné textilie	oblast šíření kapaliny textilií je malá a jednosměrný přenos roztoku je výborný
Textilie s managementem vlhkosti	dochází ke střednímu až rychlému namočení a absorpci, rychlost a oblast šíření kapaliny je velká na spodní straně textilie

1.4 Použité metody statistického zpracování dat

Před určením vlastních statistických ukazatelů je nutné otestovat normalitu a homogenitu dat. Normalita znamená splnění předpokladu, že výběr pochází ze základního souboru s normálním rozdělením. Homogenita znamená, že všechny prvky výběru pochází ze stejného rozdělení pravděpodobnosti s konstantním rozptylem.

Pro zpracování naměřených dat jsou používány následující ukazatele [19]

Průměr

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (6.1)$$

kde

\bar{x} průměr

n počet měření

x_i jednotlivé naměřené hodnoty

Rozptyl

Rozptyl s^2 je definován jako průměrná kvadratická odchylka od aritmetického průměru. Ukazuje rozptýlení statistického souboru kolem průměru.

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (6.2)$$

kde

n počet měření

x_i jednotlivé naměřené hodnoty

Směrodatná odchylka

Směrodatná odchylka s ukazuje odchýlení naměřených hodnot od aritmetického průměru.

$$s = \sqrt{s^2} \quad (6.3)$$

kde

s^2 rozptyl

Variační koeficient

Udává míru relativního rozptýlení dat.

$$v = \frac{s}{\bar{x}} 100 [\%] \quad (6.4)$$

kde

v variační koeficient

s směrodatná odchylka

\bar{x} průměr

95% interval spolehlivosti

Interval spolehlivosti vyjadřuje přesnost výběru. Určuje interval, v němž se bude se zadanou pravděpodobností nacházet skutečná hodnota daného parametru.

$$\bar{x} \pm t_{\left(1-\frac{\alpha}{2}\right)}(n-1) \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (6.5)$$

kde

\bar{x} průměr

t kvantil studentova rozdělení s (n-1) stupni volnosti

s směrodatná odchylka

n počet měření

α hladina významnosti (nejčastěji 0,05)

Pokud z nějakých důvodů experimentu (technických, časových, ekonomických) není možné dosáhnout vyššího počtu měření, užívá se tzv. malých výběrů. Závěry stanovené na základě analýzy malých výběrů mohou být zatíženy vyšší mírou nejistoty.

2. Experimentální část

Experimentální část práce se zabývá zjišťováním plošné nasákavosti vybraných vzorků tkanin. Za tímto účelem byly vybrány dvě testovací metody. První metodou bylo hodnocení distribuce kapaliny v ploše pomocí přístroje MMT. Výstupem přístroje MMT je soubor paramentů, na jejichž základě je stanovena celková charakteristika managementu vlhkosti zkoušené textilie. Druhou metodou bylo měření vzlínání v textilií pomocí proužkového testu, kde byla stanovena sací výška, kterou kapalina vyvzlínala v různých časových úsecích. Také byl proveden kapkový test, který sleduje šíření kapky kapaliny v ploše za určitý časový úsek.

Tyto metody testování plošné nasákavosti byly použity na soubor hodnocených tkanin lišících se materiálových složením, vazbou a dostavou útku. Hodnocené vzorky přízí byly dodány z laboratoře katedry textilních technologií. Zkoušky probíhaly v laboratořích katedry hodnocení textilií na Technické univerzitě v Liberci. Všechny naměřené hodnoty byly statisticky zpracovány a byly určeny základní ukazatele: aritmetický průměr (6.1), rozptyl (6.2), směrodatná odchylka (6.3), variační koeficient (6.4) a 95% interval spolehlivosti (6.5).

Na základě dosažených výsledků byl sledován vliv materiálu, vazby a dostavy na schopnosti managementu vlhkosti jednotlivých tkanin. Dále byla zjišťována souvislost mezi jednotlivými provedenými metodami testování. Součástí experimentální části práce je také výpočet teoretické nasákavosti textilie, pomocí vztahů uvedených v kapitole 1.2. Vypočtené hodnoty jsou následně korelovány s naměřenými hodnotami vzlínání.

2.1 Charakteristika materiálu

Pro provedení experimentu byly použity dvě sady tkanin lišící se materiálovým složením, konkrétně polyamid (PAD) a polyester (PES). Tkaniny byly zhotoveny jako ucelená řada experimentálních tkanin určených pro potřeby výzkumu. Přehled parametrů tkanin je uveden v tabulce 2.

Tkaniny jsou upraveny univerzální úpravou, k dispozici byly také tkaniny s hydrofobní úpravou. Na vybraných vzorcích s hydrofobní úpravou byly provedeny orientační testy (vzlínání, MMT). U těchto tkanin nedocházelo k reakcím s kapalinou, byla tak potvrzena funkčnost hydrofobní úpravy a vzorky nebyly zařazeny do dalšího hodnocení.

Tabulka 2 - Použitý materiál

Tabulka 2 Použitý materiál							
Materiál	Vazba	Dostava osnovy [1/10cm]	Jemnost osnovní nitě [dtex]	Dostava útku [1/10cm]	Jemnost útkové nitě [dtex]	Plošná hmotnost [g/m ²]	Porozita [%]
PES	Plátno	420	78	210	165	80,6	47,4
				230		79,2	45,8
				250		95,5	44,2
				270		94,4	42,6
				290		96,0	41,0
	Kepr (3/1)			250		95,1	44,2
				270		96,6	42,6
				290		95,2	41,0
				310		105,8	39,4
				330		108,2	37,8
	Atlas (7/1)			290		101,8	41,0
				310		103,2	39,4
				330		106,4	37,8
				350		109,8	36,2
				370		118,1	34,6
PAD	Plátno	420	220	120	220	121,5	22,9
				140		132,9	21,8
				160		142,5	20,8
				180		158,9	19,7
				200		168,5	18,6
	Kepr (3/1)			240		186,8	20,8
				260		156,1	19,7
				280		193,5	18,6
				300		206,2	17,6
				320		216,6	16,5
	Atlas (7/1)			300		182,6	18,6
				320		240,5	17,6
				340		235,0	16,5
				360		168,4	15,4
				380		195,9	14,3

2.2 Moisture management tester

Přístroj Moisture management tester byl použit pro testování přenosu a distribuce kapalné vlhkosti ve vzorcích tkanin. Přístroj sleduje změnu elektrického odporu při šíření kapaliny, která je aplikována na horní stranu tkaniny. Vzorek tkaniny je v kontaktu s kruhovými čidly, která snímají obsah kapaliny a její šíření na horní a dolní straně tkaniny.

Pro měření na přístroji MMT byly připraveny vzorky o rozměrech 80 x 80 mm, které byly položeny vodorovně mezi horní a dolní snímače rubní stranou nahoru. Na horní povrch vzorku (rubní strana) byla čerpána kapka roztoku (0,21 g), který simuluje kapku potu. Doba provozu čerpadla byla nastavena na 20 s, celková doba měření činila 120 s. Všechny vzorky byly testovány za stejných laboratorních podmínek.

U každého materiálu byla provedena alespoň tři rozhodující měření. Na tomto přístroji častěji docházelo k selhání jednotlivých měření (přibližně u 20 % vzorků), kdy naměřená data vykazovala iracionální hodnoty. V takovém případě bylo celé měření odstraněno a nahrazeno novým.

Průměrné hodnoty naměřených dat jednotlivých parametrů jsou uvedeny v tabulce 3. Podrobné tabulky se všemi hodnotami a jejich statistickými ukazateli jsou dále uvedeny v příloze 2.

Pro lepší interpretaci a porovnání jsou jednotlivé ukazatele převedeny z hodnoty na stupeň dle převodní tabulky dodávané výrobcem přístroje (viz příloha 1). Hodnocení je založeno na pěti stupňové škále, kdy 1 – nejhorší a 5 – nejlepší. Pro celkové zhodnocení textilie a jejích výsledků přenosu vlhkosti jsou pak textilie na základě stupňů rozděleny do sedmi kategorií (tabulka 1 v kapitole 1.3.2.3).

V kapitole 2.1 je materiál charakterizován dostavou uvedenou počtem nití na 10 cm. Pro lepší přehlednost a orientaci je ve zbytku práce dostava uváděna v počtu nití na 1 cm.

Tabulka 3 - Průměrné hodnoty měření MMT

Tkanina	Dů [1/cm]	Doba navlhčení [s]		Savost [%/s]		Max rádius navlhčení		Rychlost šíření kapaliny [mm/s]		R [-]	OMMC [-]
		horní	dolní	horní	dolní	horní	dolní	horní	dolní	-	-
PES Plátno	21	0,842	2,839	3,114	38,222	5,000	6,667	4,450	2,021	654,390	0,645
	23	2,184	3,244	7,897	30,500	6,667	6,667	1,613	1,884	953,012	0,612
	25	5,569	3,885	5,713	30,963	5,000	5,000	0,736	1,039	821,868	0,587
	27	5,366	4,118	3,940	38,451	5,000	5,000	1,231	1,367	531,718	0,606
	29	2,309	2,527	11,460	36,628	6,667	5,000	2,332	2,846	504,377	0,730
PES Kepr	27	4,836	5,777	7,948	39,398	11,667	13,333	2,538	1,835	637,544	0,382
	29	1,653	3,556	6,209	24,892	11,667	15,000	3,671	1,569	976,966	0,589
	31	1,404	3,026	10,089	36,087	8,333	5,000	1,993	1,599	788,809	0,622
	33	3,620	3,994	9,793	42,939	8,333	6,667	1,711	1,453	559,371	0,633
	35	1,888	3,656	8,498	35,551	8,333	8,333	2,952	1,126	517,065	0,254
PES Atlas	31	4,092	4,820	48,365	18,009	30,000	30,000	4,723	4,265	-188,805	0,348
	33	4,212	8,487	46,932	18,100	30,000	30,000	5,722	4,462	-222,659	0,273
	35	4,586	9,610	47,301	16,396	30,000	30,000	4,458	3,228	-159,917	0,203
	37	3,370	8,955	48,822	17,457	30,000	30,000	6,434	3,698	-135,595	0,246
	39	3,531	8,691	47,774	16,849	30,000	30,000	4,305	2,972	-118,724	0,194
PAD plátno	12	6,989	7,777	19,492	5,501	5,000	5,000	0,709	0,370	60,122	0,134
	14	6,412	5,390	18,582	20,321	5,000	5,000	0,769	0,550	260,312	0,369
	16	4,290	7,192	16,706	8,741	5,000	8,333	1,534	0,733	51,689	0,126
	18	7,348	7,863	21,253	6,765	5,000	6,667	0,664	0,657	78,734	0,281
	20	5,079	7,270	18,439	9,630	5,000	5,000	0,707	0,678	110,147	0,181
PAD Kepr	24	7,925	28,985	19,832	4,199	5,000	8,333	0,637	0,253	-237,836	0,112
	26	6,661	27,651	20,008	3,877	5,000	3,333	0,760	0,140	-263,368	0,000
	28	5,991	16,654	19,679	4,756	5,000	5,000	0,816	0,213	-229,992	0,000
	30	5,037	19,434	20,122	4,442	5,000	5,000	0,890	0,272	-244,320	0,000
	32	7,363	39,692	17,021	4,091	5,000	5,000	0,680	0,126	-177,823	0,001
PAD Atlas	30	8,855	6,365	4,691	16,354	5,000	6,667	0,258	0,882	278,353	0,366
	32	5,184	6,183	15,867	11,451	5,000	5,000	0,668	0,868	339,780	0,448
	34	6,670	5,273	13,107	14,629	5,000	5,000	0,615	0,939	233,800	0,332
	36	5,514	4,423	12,927	13,765	6,667	5,000	0,657	0,879	203,663	0,130
	38	6,365	2,995	16,936	3,181	5,000	5,000	0,801	0,651	116,286	0,208

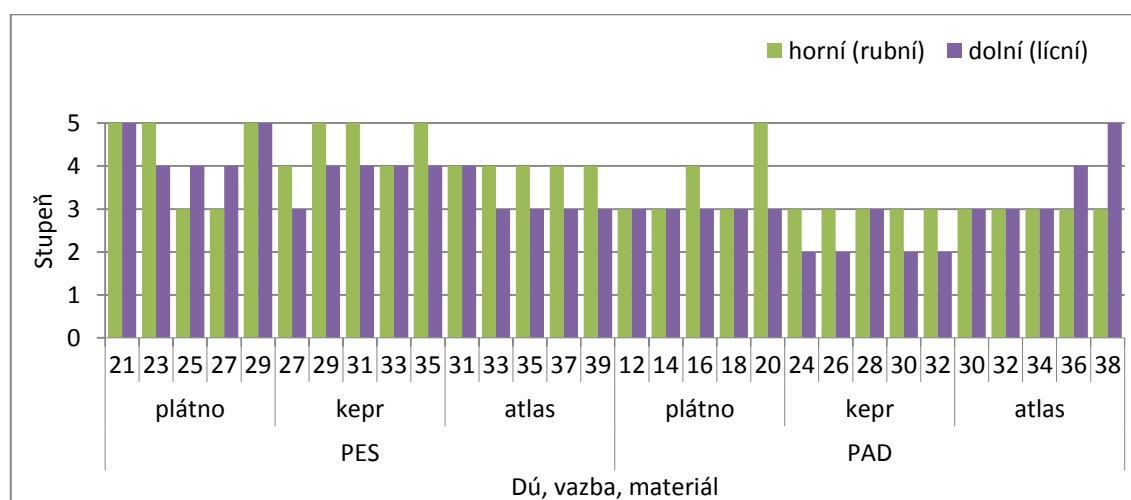
2.2.1 Doba navlhčení

Doba navlhčení je měřena na horní (rubní) a dolní (lící) straně tkaniny (obrázek 14), pro lepší interpretaci jsou naměřené hodnoty převedeny na stupně hodnocení textilie dle tabulky 4.

Polyesterové tkaniny vykazují střední až velmi rychlé navlhčení, přičemž téměř u všech tkanin je stupeň navlhčení stejný nebo lepší na horní straně. Po dopadu kapky na tkaninu tak kapalina zůstává nejdříve na horní straně a potom teprve proniká na spodní stranu. Protože jsou však stupně navlhčení vysoké, kapalina pronikne na druhou stranu velmi rychle. Polyamidové tkaniny vykazují oproti polyesterovým nižší stupně (pomalé až rychlé navlhčení) stejné nebo lepší na horní straně. Výjimku tvoří atlasová vazba s nejvyššími dostavami útku polyamidové tkaniny a plátňová vazba s prostřední dostavou útku polyesterové tkaniny, kdy je lepší stupeň na dolní straně. U těchto tkanin dochází k rychlému proniknutí kapaliny na spodní stranu.

Tabulka 4 - Stupně hodnocení pro dobu navlhčení [17]

Index \ Stupeň		1	2	3	4	5
Doba navlhčení (s)	Horní strana	≥ 120	20-119	5~19	3~5	<3
		Žádné navlhčení	Pomalé	Střední	Rychlé	Velmi rychlé
	Spodní strana	≥ 120	20-119	5~19	3~5	<3
		Žádné navlhčení	Pomalé	Střední	Rychlé	Velmi rychlé



Obrázek 14 – Graf doby navlhčení v závislosti na materiálu, vazbě a dostavě

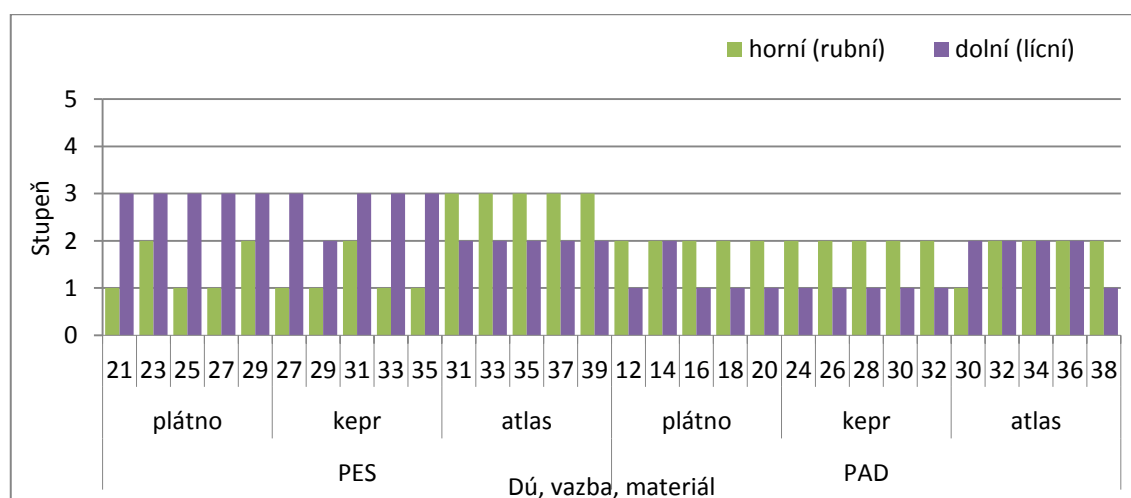
2.2.2 Savost

Dalším sledovaným parametrem je savost tkaniny, která je měřena na horní (rubní) a dolní (lícní) straně. Stupeň hodnocení savosti tkaniny (stanovený dle tabulky 5) v závislosti na dostavě, vazbě a materiálu je uveden na obrázku 15.

Polyesterové tkaniny dosahují pomalé až střední savosti, přičemž dochází k rozdílům mezi horní a spodní stranou. Tkaniny v plátnové a keprové vazbě vykazují vyšší hodnoty savosti na spodní straně. To znamená, že spodní strana tkaniny lépe absorbuje vodu a horní strana tak zůstává sušší. K opačnému jevu dochází u atlasové vazby a také u polyamidových tkanin. Zde je více vlhkosti absorbováno na horní straně. Polyamidové tkaniny dosahují nižších stupňů savosti, kterou lze charakterizovat jako pomalou až velmi pomalou. Také zde dochází k rozdílům mezi plátnovou a keprovou vazbou, kde je savost vyšší na horní straně, a atlasovou vazbou, kde jsou obě strany stejné.

Tabulka 5 - Stupně hodnocení pro savost [17]

Index		Stupeň				
Savost (%/s)	Horní strana	1	2	3	4	5
		0~10	10~30	30~50	50~100	>100
	Spodní strana	Velmi pomalá	Pomalá	Střední	Rychlá	Velmi rychlá
		0~10	10~30	30~50	50~100	>100
		Velmi pomalá	Pomalá	Střední	Rychlá	Velmi rychlá



Obrázek 15 - Graf savosti tkaniny v závislosti na materiálu, vazbě a dostavě

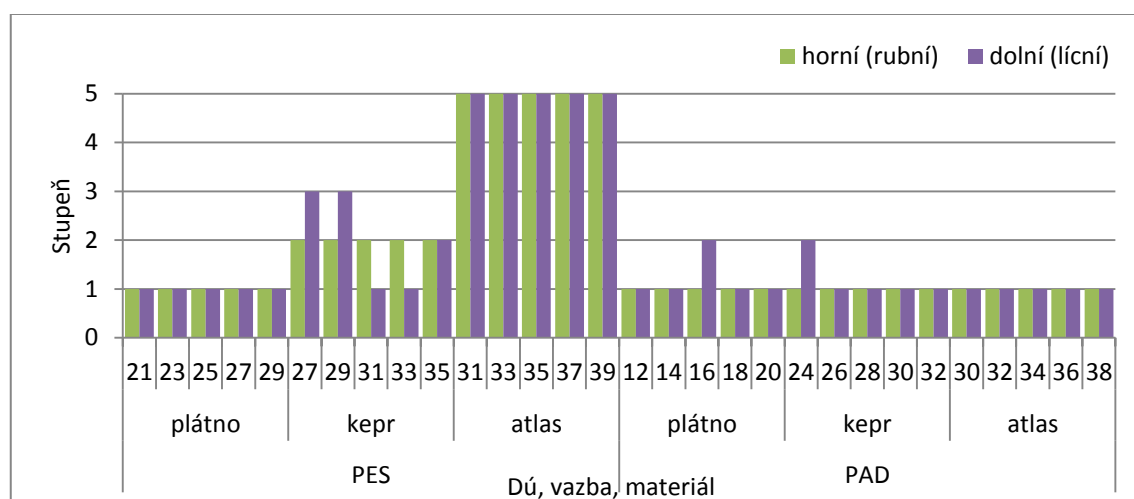
2.2.3 Maximální rádius navlhčení

Stupně hodnocení maximálního rádia navlhčení (stanovené dle tabulky 6) v závislosti na dostavě, vazbě a materiálu je zobrazen na obrázku 16.

Všechny polyamidové tkaniny a polyesterová tkanina v plátňové vazbě mají velmi malý stupeň. Kapalina se zde koncentruje v malé ploše a pravděpodobně zůstane na horní straně. Polyesterové tkaniny s keprovou vazbou vykazují rozdílný rádius navlhčení na spodní a horní straně, a lze jej hodnotit jako malý až střední. Kapalina se ve skutečnosti po dopadu na tkaninu nešíří rovnoměrně, ale šíření je různé ve směru osnovy a útku. Přístroj MMT však měří vlhkost snímači usazenými v mezikružích a výsledné hodnoty tak předpokládají šíření kapaliny kružnicovým způsobem. To se nejvíce projevuje v atlasové vazbě, která má velmi vysoký rádius navlhčení.

Tabulka 6 - Stupně hodnocení pro rádius navlhčení [17]

Index \ Stupeň		1	2	3	4	5
Maximální rádius navlhčení	Horní strana	0~7	7~12	12~17	17~22	>22
		Žádné navlhčení	Malé	Střední	Rychlé	Velmi rychlé
	Spodní strana	0~7	7~12	12~17	17~22	>22
		Žádné navlhčení	Malé	Střední	Rychlé	Velmi rychlé



Obrázek 16 - Graf maximální rádius navlhčení v závislosti na materiálu, vazbě a dostavě

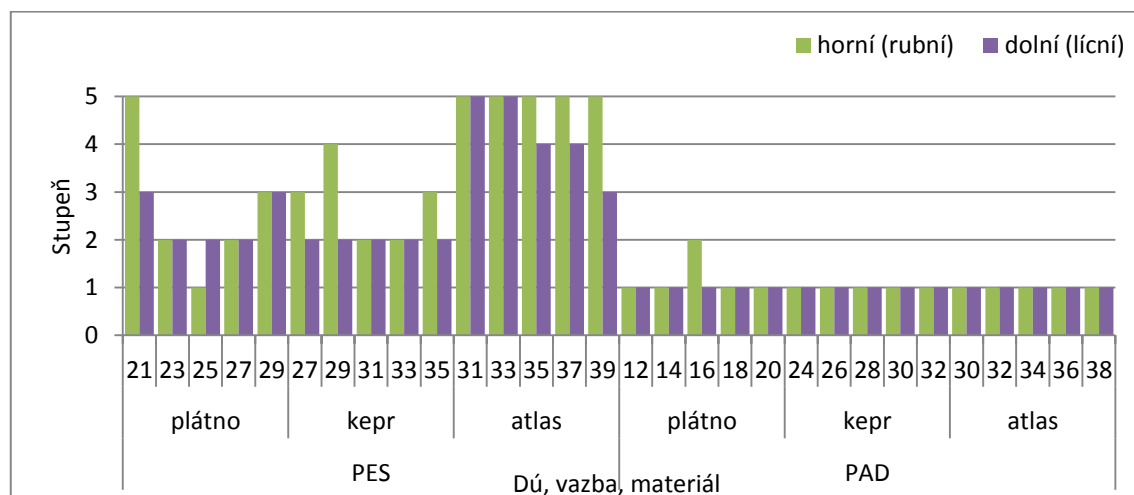
2.2.4 Rychlost šíření kapaliny

Stupně hodnocení rychlosti šíření kapaliny (stanovené dle tabulky 7) na horní a spodní straně tkaniny v závislosti na dostavě útku, vazbě a materiálu jsou zobrazeny na obrázku 17.

U tohoto parametru je nejvíce patrný vliv materiálového složení. U polyesterových tkanin se rychlost šíření liší na spodní a horní straně tkaniny, kdy na horní straně se kapalina šíří rychleji. Tkaniny v plátnové a keprové vazbě vykazují střední až pomalou rychlost, zatímco tkaniny v atlasové vazbě vykazují velmi rychlé šíření kapaliny. Naopak u polyamidových tkanin je rychlost šíření kapaliny velmi pomalá na obou stranách.

Tabulka 7 - Stupně hodnocení rychlosti šíření kapaliny [17]

Stupeň		1	2	3	4	5
Rychlost šíření kapaliny (mm/s)	Horní strana	0~1	1~2	2~3	3~4	>4
		Velmi pomalá	Pomalá	Střední	Rychlá	Velmi rychlá
	Spodní strana	0~1	1~2	2~3	3~4	>4
		Velmi pomalá	Pomalá	Střední	Rychlá	Velmi rychlá



Obrázek 17 - Graf rychlosti šíření kapaliny v tkanině v závislosti na materiálu, vazbě a dostavě

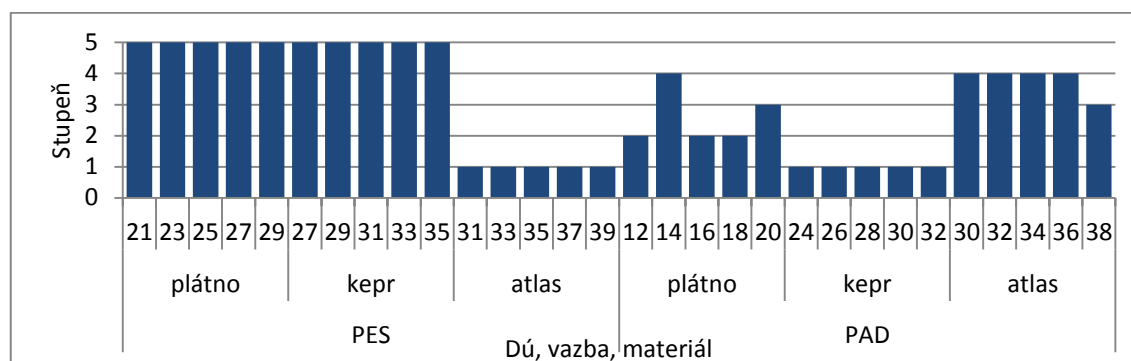
2.2.5 Schopnost jednosměrného přenosu kapaliny

Stupně schopnosti jednosměrného přenosu kapaliny (stanovené dle tabulky 8) v závislosti na dostavě útku, vazbě a materiálu jsou zobrazeny na obrázku 18.

Tento parametr ukazuje, jak je tkanina schopna přenést vlhkost z jedné strany na druhou. Hodnoty ukazují, že plátňové a keprové polyesterové tkaniny dokáží výborně přenášet kapalinu, naopak atlasové tkaniny vykazují záporné hodnoty (velmi slabá schopnost jednosměrného přenosu kapaliny). U polyamidových tkanin dochází k rozdílu mezi vazbou, kdy atlas dosahuje velmi dobré, plátno slabou až dobrou a kepr velmi slabou.

Tabulka 8 - Stupně hodnocení schopnosti jednosměrného přenosu kapaliny [17]

Index \ Stupeň	1	2	3	4	5
Schopnost jednosměrného přenosu kapaliny	<-50	-50~100	100~200	200~400	>400
	Velmi slabá	Slabá	Dobrá	Velmi dobrá	Výborný



Obrázek 18 - Graf jednosměrného přenosu kapaliny v závislosti na materiálu, vazbě a dostavě

2.2.6 Celkový ukazatel managementu vlhkosti (OMMC)

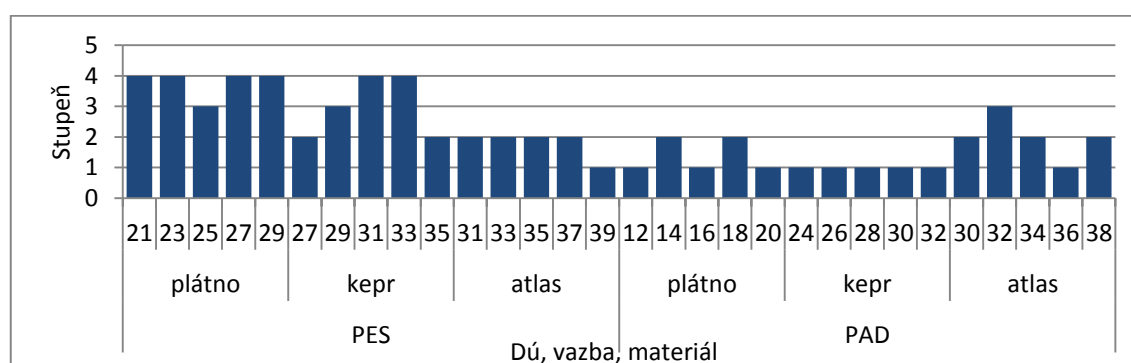
Na obrázku 19 je zobrazen celkový ukazatel managementu vlhkosti tkanin ve stupních stanovených na základě tabulky 9.

Polyesterové tkaniny v plátňové a keprové vazbě vykazují dobrý až velmi dobrý celkový ukazatel managementu vlhkosti, výjimku tvoří tkanina v keprové vazbě s dostavou útku 27 a 35, která je vyhodnocena slabým ukazatelem. Tkaniny v atlasové

vazbě vykazují slabý celkový ukazatel. Velmi slabých hodnot dosahují polyamidové tkaniny. Z hlediska managementu vlhkosti jsou tedy lepší polyesterové tkaniny.

Tabulka 9 - Stupně hodnocení schopnosti managementu vlhkosti [17]

Index \ Stupeň	1	2	3	4	5
OMMC	0~0.2	0.2~0.4	0.4~0.6	0.6~0.8	>0.8
	Velmi slabá	Slabá	Dobrá	Velmi dobrá	Výborný



Obrázek 19 - Graf OMMC v závislosti na materiálu, vazbě a dostavě

2.2.7 Klasifikace tkanin

Na základě stupnice hodnocení (viz kapitola 1.3.2.3) byly tkaniny rozděleny do kategorií (tabulka 10). Patrné jsou rozdíly mezi tkaninami s různým materiálovým složením. Polyesterové tkaniny jsou klasifikovány jako vodě propustné nebo rychle absorbující a rychle schnoucí. Tyto charakteristiky se liší dle vazby tkanin. Polyamidové tkaniny jsou klasifikovány spíše jako vodu odpuzující, výjimkou jsou pomalu absorbující a pomalu schnoucí a tkaniny v atlasové vazbě s nižšími dostavami útku jsou dokonce vodě propustné. Z hlediska managementu vlhkosti vykazují tedy lepší výsledky tkaniny polyesterové. Přestože jsou polyamidové tkaniny dle doporučení výrobce přístroje klasifikovány jako vodu odpuzující, na základě naměřených hodnot obou provedených testů lze pozorovat, že zde dochází k absorpci kapaliny. Celková klasifikace je příliš obecná a slouží pouze k orientačnímu rozřazení tkanin.

Tabulka 10 - Rozdělení tkanin do kategorií

PES			PAD		
Plátno	21	Vodě propustné textilie	Plátno	12	Vodu odpuzující textilie
	23	Vodě propustné textilie		14	Vodu odpuzující textilie
	25	Vodě propustné textilie		16	Vodu odpuzující textilie
	27	Vodě propustné textilie		18	Vodu odpuzující textilie
	29	Vodě propustné textilie		20	Vodu odpuzující textilie
Kepr	27	Rychle absorbující a rychle schnoucí textilie	Kepr	24	Pomalu absorbující a pomalu schnoucí textilie
	29	Vodě propustné textilie		26	Vodu odpuzující textilie
	31	Vodě propustné textilie		28	Vodu odpuzující textilie
	33	Vodě propustné textilie		30	Vodu odpuzující textilie
	35	Vodě propustné textilie		32	Pomalu absorbující a pomalu schnoucí textilie
Atlas	31	Rychle absorbující a rychle schnoucí textilie	Atlas	30	Vodě propustné textilie
	33	Rychle absorbující a rychle schnoucí textilie		32	Vodě propustné textilie
	35	Rychle absorbující a rychle schnoucí textilie		34	Vodě propustné textilie
	37	Rychle absorbující a rychle schnoucí textilie		36	Vodu odpuzující textilie
	39	Rychle absorbující a rychle schnoucí textilie		38	Vodu odpuzující textilie

Shrnutí výsledků MMT

Na přístroji MMT byla měřena distribuce vlhkosti v tkanině. U naměřených hodnot docházelo ke značnému kolísání naměřených hodnot a měření přístroje selhávalo ve větším počtu případů. Výsledky měření distribuce vlhkosti mohou být ovlivněny způsobem dávkování roztoku na tkaninu, kdy je kapalina aplikována kolmo na textilií pod určitým tlakem. Také přístroj nebere v úvahu směr šíření (rozdíl mezi osnovou a útkem) a měří průměrné hodnoty v kruhové ploše. Dalším vlivem může být použití syntetických materiálů, kdy je citlivost přístroje nižší než vlhkost materiálu.

Z hlediska managementu vlhkosti dosahovaly lepších výsledků polyesterové tkaniny, u kterých lze označit distribuci kapaliny jako dobrou až velmi dobrou. Distribuce kapaliny polyamidových tkanin je spíše slabá až velmi slabá a jsou klasifikovány jako vodu odpuzující.

2.2.8 Závislost managementu vlhkosti na dostavě a vazbě

V rámci každého materiálu byla sledována míra lineárních závislostí mezi dostavou a jednotlivými ukazateli managementu vlhkosti textlie (uvedené v kapitole 1.3.2.1). Dále byla sledována také závislost mezi vazbou a ukazateli. Pro zjištění vzájemné závislosti byly vypočítány koeficienty korelace, viz tabulka 11 a 12, u kterých byla také stanovena jejich statistická významnost (v tabulce označeno barevně).

U polyesterových tkanin lze pozorovat lineární závislost zejména v atlasové a keprové vazbě. Polyamidové tkaniny vykazují více lineárních závislostí, také v keprové a atlasové vazbě. Z výsledných korelačních koeficientů mezi dostavou útku a ukazateli managementu vlhkosti nelze jednoznačně určit trend naměřených hodnot jednotlivých parametrů v závislosti na různé dostavě tkaniny. Korelační koeficienty se u většiny tkanin neblíží +1 ani -1. Zároveň u tkanin dochází k překrývání intervalů spolehlivosti naměřených hodnot sousedních dostav, rozdíly proto nejsou statisticky významné. Zvolený rozsah dostav útku tak nemá na jednotlivé ukazatele managementu tkaniny významný vliv.

Tabulka 11 - Korelační koeficienty mezi dostavou a ukazateli managementu PES tkaniny

PES		Korelační koeficient		
Proměnné		Plátno	Kepr	Atlas
Dostava útku	WTT	0,460	-0,418	-0,619
	WTB	0,058	-0,572	0,687
	TAR	0,599	0,474	0,146
	BAR	0,192	0,242	-0,636
	MWR horní	0,289	-0,866	0,000
	MWR dolní	-0,866	-0,672	0,000
	SST	-0,503	-0,230	-0,022
	SSB	0,259	-0,938	-0,825
	R	-0,594	-0,553	0,864
	B	0,461	-0,197	-0,854

Tabulka 12 - Korelační koeficienty mezi dostavou a ukazateli managementu PAD tkaniny

PAD		Korelační koeficient		
Proměnné		Plátno	Kepr	Atlas
Dostava útku	WTT	-0.607	-0.993	-0.511
	WTB	0.231	-0.844	-0.970
	TAR	0.054	0.356	0.709
	BAR	-0.142	0.558	-0.735
	MWR horní	0.000	0.000	0.354
	MWR dolní	0.177	-0.513	-0.707
	SST	0.715	0.986	0.836
	SSB	0.796	0.291	-0.640
	R	-0.150	0.126	-0.871
	B	0.011	-0.775	-0.790

Polyesterové tkaniny vykazují rozdílné hodnoty v závislosti na vazbě u většiny parametrů. Největší změny lze pozorovat především mezi atlasovou a ostatními vazbami. Rozdíly jsou patrné především u maximálního rádia a rychlosti šíření kapaliny. Parametry polyamidových tkanin nelze označit za závislé na vazbě. Rozdíly mezi vazbami jsou zde patrné pouze u jednosměrného přenosu kapaliny. Na základě provedených testů nelze určit žádný trend změny.

2.3 Kapkový test

Pro ověření vhodnosti použití přístroje MMT pro hodnocení daného souboru tkanin vyrobených ze syntetických materiálů byl proveden kapkový test. Podstatou testu je aplikace kapky o určitém objemu na textilií a sledování šíření kapaliny v ploše. Pro kapkový test byly připraveny vzorky o velikosti 80 x 80 mm (stejná velikost jako u přístroje MMT). Pipetou byla nanášena destilovaná voda o objemu 1, 2, a 3 ml. Byl sledován průměr rozšíření kapky ve směru osnovy a útku.

Šíření kapaliny ve tkaninách sledované pomocí kapky je uvedeno v tabulce 13. Je zde uveden příklad, kde jsou hodnoty vždy pro nejmenší dostavu každé vazby. Rozdíly mezi hodnotami u ostatních dostav jsou zanedbatelné.

Výsledky tohoto testu se zcela liší z hlediska materiálového složení tkaniny. U polyesterových tkanin docházelo k velice rychlému šíření kapaliny. Rychleji se kapalina šířila ve směru osnovy, ale konečné navlhčení plochy bylo rovnoměrné ve směru osnovy i útku. Během několika sekund došlo k navlhčení celého vzorku tkaniny, ale kapka se zcela nevsákla. To bylo pravděpodobně způsobeno příliš malým vzorkem, u vzorků větších rozměrů by docházelo k dalšímu šíření vlhkosti a k vsáknutí kapky. Šíření vlhkosti u polyamidových tkanin bylo pomalejší. Všechny typy vazeb vykazovaly větší průměry rozšířené vlhkosti ve směru osnovy.

Změna šíření kapaliny ve směru osnovy a útku v provedeném kapkovém testu ukazuje, že měření na přístroji MMT je ovlivněno způsobem měření, kdy je snímán průměrný obsah kapaliny mezi dvěma kružnicemi.

Tabulka 13 - Naměřené hodnoty kapkového testu

Materiál	Objem kapky [ml]	Plátno		Kepr		Atlas	
		Průměr ve směru osnovy [mm]	Průměr ve směru útku [mm]	Průměr ve směru osnovy [mm]	Průměr ve směru útku [mm]	Průměr ve směru osnovy [mm]	Průměr ve směru útku [mm]
PES	1	80	80	80	80	80	80
	2	80	80	80	80	80	80
	3	80	80	80	80	80	80
PAD	1	40	15	50	15	60	25
	2	50	20	60	20	70	30
	3	60	40	70	40	80	60

2.4 Vzlínání

Základní a ověřenou metodou pro hodnocení vzlínání je sledování kapaliny v textilním útvaru, kdy je opticky odečítán obsah kapaliny. Jedním z často používaných způsobů měření vzlínání patří proužkový test, který existuje v několika různých variantách.

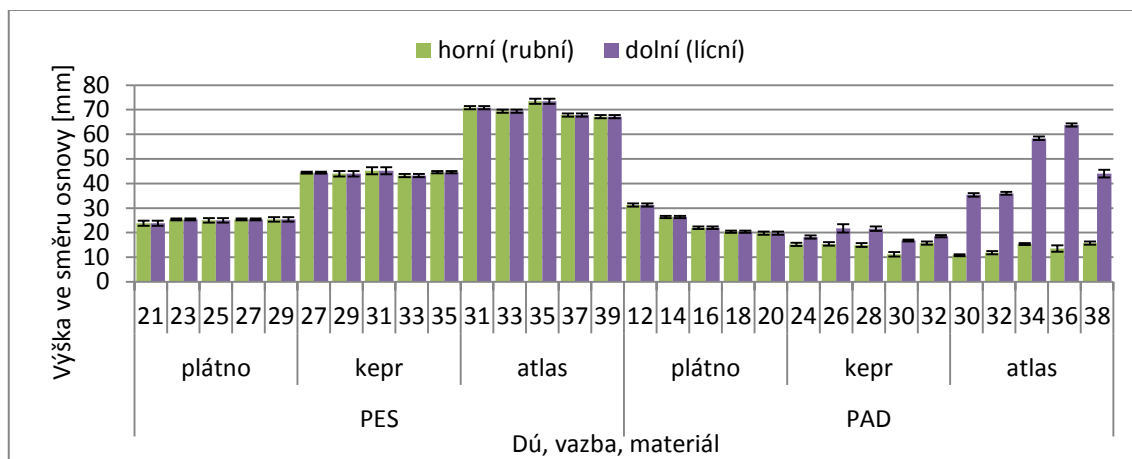
V této práci probíhalo měření vzlínání pomocí proužkového testu dle normy ČSN 80 0828 [15]. Pro měření byly připraveny vzorky o rozměrech 255 x 10 mm. Vzorky byly ponořeny do destilované vody do hloubky 5 mm. Sací výška h byla měřena v intervalech 10 s, 20 s, 30 s, 1 min, 2 min, 5 min a 30 min. Bylo provedeno 5 měření ve směru osnovy a 5 ve směru útku.

Naměřené hodnoty byly zpracovány pomocí základních statistických ukazatelů. Tabulky se zpracovanými výsledky jsou uvedeny příloze 3. Výsledky byly rozděleny a zpracovávány ve dvou skupinách podle materiálového složení.

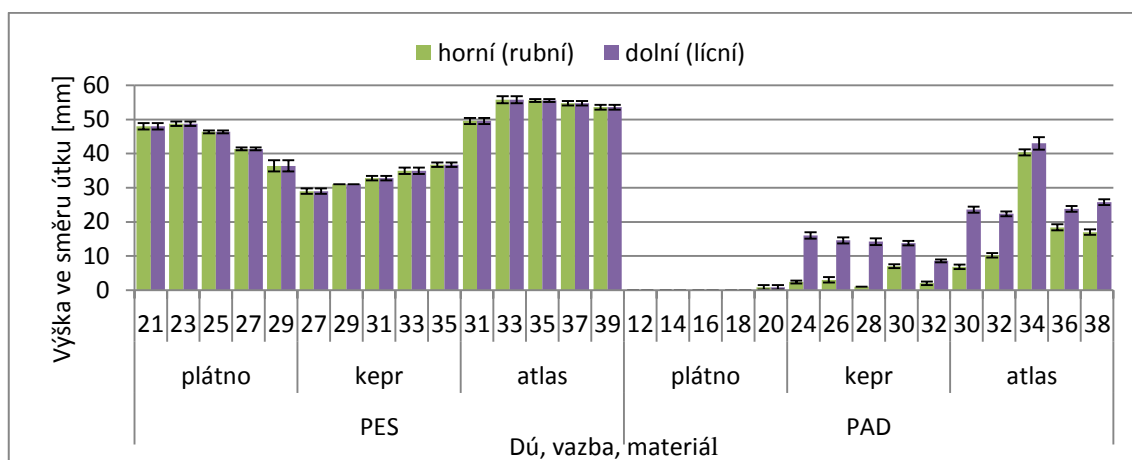
2.4.1 Sací výška

Vztah mezi vzlínáním a parametry tkaniny byl analyzován s ohledem na sací výšku dosaženou v konkrétním čase, a to 120 s. Tento čas byl vybrán, protože koresponduje s časem měření na přístroji MMT. Graf (obrázek 20) zobrazuje vzlínání tkanin ve směru osnovy, graf (obrázek 21) ve směru útku v čase 120 s.

Polyesterová tkanina vykazuje na rubní i lící straně stejné hodnoty ve směru osnovy i útku. Polyamidové tkaniny mají různé hodnoty na rubních a lících stranách. Lící strana tkaniny vykazuje vyšší hodnoty ve směru osnovy i útku, rozdíl jsou nejvýraznější u atlasové vazby. Více se zde tedy projevuje osnovní typ vazby, kde kapalina rychleji proniká menšími póry na lící straně, potom teprve dojde k zaplnění větších pórů na rubní straně. Ve směru útku nedochází u plátnové vazby k žádnému vzlínání.



Obrázek 20 - Výška ve směru osnovy v čase 120 s



Obrázek 21 - Výška ve směru útku v čase 120 s

Pro zjištění závislosti sací výšky na dostavě byly spočítány koeficienty korelace a stanovena jejich statistická významnost (viz tabulka 14). Dle vypočtených hodnot nelze říci, že dostava má vliv na vztlínání v tkanině. U většiny tkanin také dochází k překrývání intervalů spolehlivosti mezi hodnotami sousedních dostav útků.

Tabulka 14 - Korelační koeficienty mezi dostavou a sací výškou

Dostava - Sací výška ve směru osnovy			Dostava - Sací výška ve směru útku		
		Korelační koeficient			Korelační koeficient
PES	Plátno	0,730	PES	Plátno	-0,926
	Kepr	-0,085		Kepr	1,000
	Atlas	-0,558		Atlas	0,435
PAD	Plátno	-0,949	PAD	Plátno	0,707
	Kepr	-0,252		Kepr	0,219
	Atlas	0,854		Atlas	0,345

Z předchozích grafů jsou patrné rozdíly v dosažené sací výšce v jednotlivých vazbách tkaniny. Protože vliv dostavy na šíření vlhkosti v tkanině nebyl zcela prokázán, byly sledovány další parametry tkaniny, které se v jednotlivých vazbách liší. Příklad parametrů pro polyesterovou tkaninu je uveden v tabulce 15.

Rozdílné hodnoty u jednotlivých vazeb mohou být způsobeny rozdílným tvarem a velikostí pórů, které vytváří různé podmínky pro migraci vody ve tkanině. Vyšší hodnoty sací výšky u atlasové tkaniny jsou pravděpodobně způsobeny větší volností struktury vazby, což vytváří větší kapilární prostor, a tím dochází k lepšímu šíření kapaliny. Zároveň mají tyto tkaniny vyšší počet flotáží, které umožňují rychlejší šíření kapaliny. Plátňové vazby, kde je nejtěsněji provázaná struktura, mají menší kapilární prostory. Také se u nich nevyskytují žádné flotáže.

Rozdíly mezi vazbami u polyamidových tkanin nejsou tak významné, přesto vykazují podobné chování jako polyesterové tkaniny, kdy nejlépe vzlíná atlasová vazba.

Tabulka 15 - Parametry tkaniny

Materiál	Vazba	Dostava útku [1/cm]	Plošná hmotnost [g.m ⁻²]	Porozita [%]	Stupeň provázání [-]	Délka flotáže* [mm]
PES	plátno	21	80.6	47.4	1	0.000
		23	79.2	45.8	1	0.000
		25	95.5	44.2	1	0.000
		27	94.4	42.6	1	0.000
		29	96.0	41.0	1	0.000
	kepr	27	95.1	44.2	2	0.723
		29	96.6	42.6	2	0.740
		31	95.2	41.0	2	0.756
		33	105.8	39.4	2	0.771
		35	108.2	37.8	2	0.786
	atlas	31	101.8	41.0	4	1.526
		33	103.2	39.4	4	1.557
		35	106.4	37.8	4	1.586
		37	109.8	36.2	4	1.615
		39	118.1	34.6	4	1.642

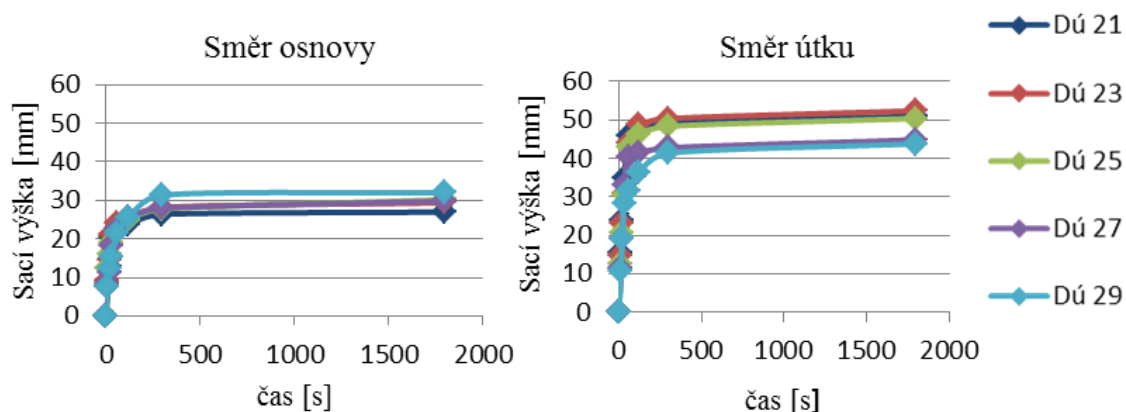
*průměrná délka 1 flotáže útkové nitě [mm]

2.4.2 Vzlínání v závislosti na čase

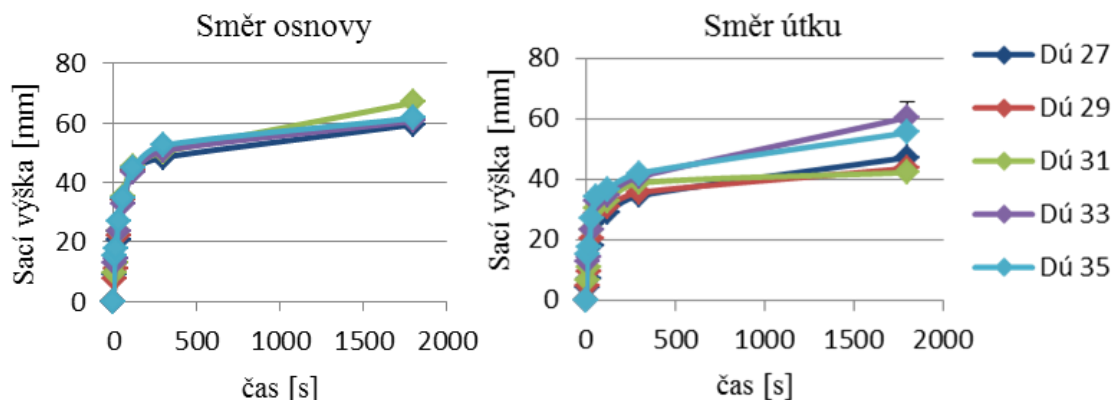
U obou typů materiálových složení sací výška s časem roste, ale tento růst není rovnoměrný a postupně se zpomaluje. K rychlému nárůstu sací výšky dochází již v první minutě, kdy kapalina vyvzlíná přes tři čtvrtiny své celkové výšky. S přiblížením k rovnovážné sací výšce se její nárůst snižuje. To lze vysvětlit vyšším kapilárním tlakem při ponoření tkaniny do kapaliny, čímž dojde nejdříve k zaplnění menších pórů. Následně jsou vyplněny větší póry, tlak se snižuje a stoupání je tak pomalejší.

V následujících grafech je zobrazeny naměřené sací výšky ve stanovených časových intervalech. Pro zobrazení průběhu vzlínání je u každé tkaniny vyznačena spojnice mezi jednotlivými body měření.

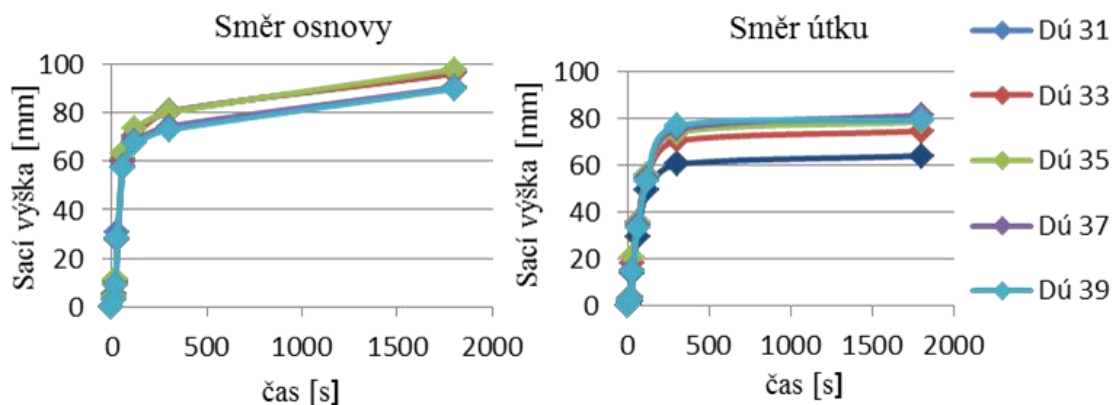
Grafy (obrázek 22, 23 a 24) ukazují výsledky proužkového testu pro polyesterové vzorky ve směru osnovy a ve směru útku. Rozdíly v dosažené sací výšce mezi tkaninami s různou dostavou útku jsou minimální a nelze tak říci, že daný rozsah dostav má na vzlínání tkanin vliv. K rozdílným hodnotám dochází u různých vazeb tkaniny. Nejvyšší sací výšky dosahují tkaniny v atlasové vazbě, což je pravděpodobně způsobeno větším počtem flotáží. Naopak u tkanin v plátnové vazbě je sací výška nižší. Dochází zde také k větším rozdílům ve směru osnovy a útku, přestože má plátnová vazba z hlediska kapilár nejjednodušší charakter stejný v obou směrech. Tyto rozdíly lze vysvětlit různými dostavami obou soustav nití, kdy osnovní dostava (42 nití/cm) je vyšší než všechny útkové. Ve směru útku jsou pak větší prostory mezi jednotlivými nitěmi a kapalina tak lépe vzlíná.



Obrázek 22 - Vzlínání v čase PES plátno

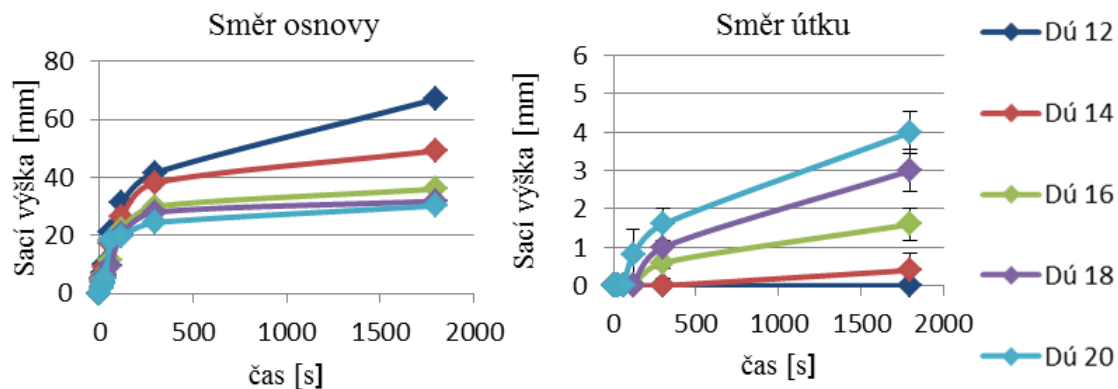


Obrázek 23 - Vzlínání v čase PES kepr

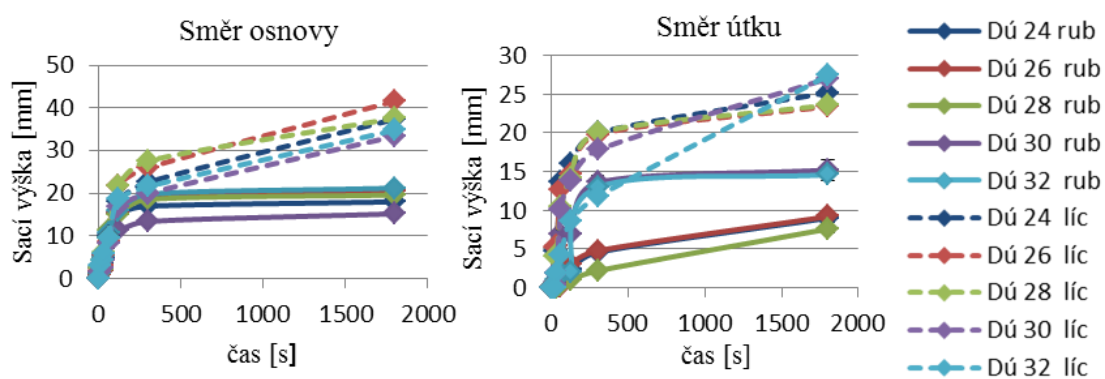


Obrázek 24 - Vzlínání v čase PES atlas

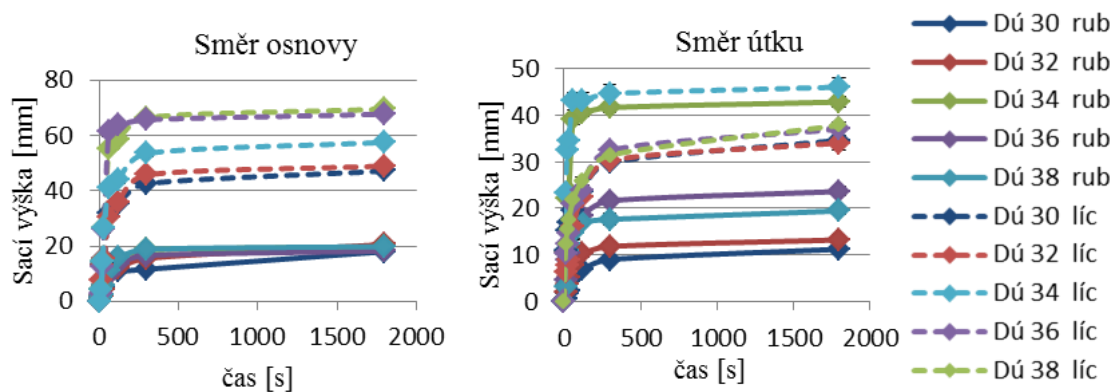
Grafy (obrázek 25, 26 a 27) ukazují výsledky proužkového testu pro polyamidové vzorky ve směru osnovy a ve směru útku. Polyamidové tkaniny vykazují vyšší variabilitu naměřených hodnot a rozdíly mezi tkaninami s různými dostavami útku jsou výraznější než u polyesterových tkanin, především v delším časovém intervalu a ve směru útku. Všechny tkaniny mají vyšší nárůst sací výšky ve směru osnovy. Také dochází k rozdílu v sací výšce na rubní a lící straně u keprové a atlasové tkaniny. To je pravděpodobně způsobeno typem vazby, kdy jsou obě vazby osnovní. Kapalina se tak na lící straně šíří rychleji, protože je zde více nití. U plátnové vazby nedochází ve směru útku v první minutě k žádnému vzlínání a u keprové vazby pak jen na lící straně.



Obrázek 25 - Vzlínání v čase PAD plátno



Obrázek 26 - Vzlínání v čase PAD kepr



Obrázek 27 - Vzlínání v čase PAD atlas

2.5 Teoretická nasákavost

V teoretické části práce jsou uvedeny vztahy, kterými lze charakterizovat chování kapaliny v textiliích. Jedním ze základních vztahů pro popis vztlínání je Lucas-Wasburnův vztah (3.1), který je založen na značném zjednodušení struktury vlákenné hmoty do podoby jedné kapiláry. Přes silné zjednodušení však tento model dává kvalitativně srovnatelné výsledky s chováním textilií při transportu kapalin.

Pro analytický výpočet závislosti sací výšky na čase je nejčastěji používána integrovaná forma Lucas-Washburnova vztahu, konkrétně jeho odmocninová aproximace (3.4). [12; 15] Dle [6] je však pro popis vztlínání vhodnější exponenciální aproximace (7.1), která byla také použita pro výpočet teoretické nasákavosti v této práci.

$$H = H_{max} \sqrt{1 - e^{-\frac{t \rho R^2 g}{0.65 \eta 8 H_{max}}}} \quad (7.1)$$

Pro popis pronikání kapaliny do tkanin jako do porézních materiálů je jejich podoba zjednodušena do soustavy paralelních válcových kapilár. Poloměr kapiláry je pak roven velikosti póru. Dále se předpokládá, že počet póru v tkanině je stejný jako počet přízí. Velikost póru se snižuje se zvyšující se dostavou tkaniny a jemností příze.

Průměr póru mezi nitěmi tkaniny byl vypočítán dle vztahu:

$$\frac{1}{d_{ostava}} - \text{průměr příze} \quad (7.2)$$

Průměr příze byl pak stanoven z jemnosti příze dle vztahu:

$$d = \sqrt{\frac{4T}{\pi \rho \mu}} \quad (7.3)$$

Vypočítané hodnoty sací výšky v čase dle vztahu (7.1) jsou uvedeny v tabulce 16. Pro porovnání byly také vypočítány hodnoty sací výšky dle vztahu (3.4), které jsou uvedeny v příloze 4.

Tabulka 16 - Vypočítané hodnoty sací výšky v čase

		Dostava [1/cm]	čas [s]						
			10	20	30	60	120	300	1800
PES směr osnovy		42	14,314	18,418	20,672	23,407	24,320	24,397	24,397
PES směr útku	plátno	21	11,939	12,132	12,138	12,138	12,138	12,138	12,138
		23	12,806	13,274	13,308	13,311	13,311	13,311	13,311
		25	13,487	14,357	14,469	14,486	14,486	14,486	14,486
		27	13,984	15,338	15,599	15,665	15,665	15,665	15,665
		29	14,318	16,184	16,666	16,843	16,847	16,847	16,847
	kepr	27	13,487	14,357	14,469	14,486	14,486	14,486	14,486
		29	13,984	15,338	15,599	15,665	15,665	15,665	15,665
		31	14,318	16,184	16,666	16,843	16,847	16,847	16,847
		33	14,519	16,880	17,635	18,014	18,031	18,031	18,031
		35	14,613	17,425	18,484	19,165	19,219	19,219	19,219
	atlas	31	14,318	16,184	16,666	16,843	16,847	16,847	16,847
		33	14,519	16,880	17,635	18,014	18,031	18,031	18,031
		35	14,613	17,425	18,484	19,165	19,219	19,219	19,219
		37	14,626	17,832	19,199	20,274	20,408	20,410	20,410
		39	14,578	18,119	19,782	21,320	21,596	21,604	21,604
PAD směr osnovy		42	14,267	18,428	20,749	23,645	24,676	24,775	24,775
PAD směr útku	plátno	12	11,973	12,173	12,180	12,180	12,180	12,180	12,180
		14	12,839	13,322	13,358	13,361	13,361	13,361	13,361
		16	13,516	14,410	14,528	14,546	14,546	14,546	14,546
		18	14,008	15,393	15,665	15,735	15,735	15,735	15,735
		20	14,336	16,237	16,735	16,924	16,928	16,928	16,928
	kepr	24	13,516	14,410	14,528	14,546	14,546	14,546	14,546
		26	14,008	15,393	15,665	15,735	15,735	15,735	15,735
		28	14,336	16,237	16,735	16,924	16,928	16,928	16,928
		30	14,530	16,928	17,706	18,106	18,124	18,124	18,124
		32	14,617	17,467	18,553	19,265	19,324	19,325	19,325
	atlas	30	14,336	16,237	16,735	16,924	16,928	16,928	16,928
		32	14,530	16,928	17,706	18,106	18,124	18,124	18,124
		34	14,617	17,467	18,553	19,265	19,324	19,325	19,325
		36	14,624	17,866	19,263	20,382	20,527	20,529	20,529
		38	14,570	18,144	19,839	21,432	21,729	21,737	21,737

U vypočítaných hodnot sací výšky v čase lze pozorovat jejich rostoucí trend se zvyšující se dostavou. Zatímco v kratších časových úsecích jsou rozdíly v sací výšce mezi tkaninami s různou dostavou jen nepatrné, v delším časovém úseku se rozdíly zvyšují. K větším rozdílům nedochází ani u tkanin s různým materiálovým složením. Výsledné hodnoty vypočítané pomocí odmocninové aproximace neodpovídají vztlínání v celém průběhu, pouze v jeho první části.

2.6 Korelace mezi teoretickou a experimentální nasákavostí

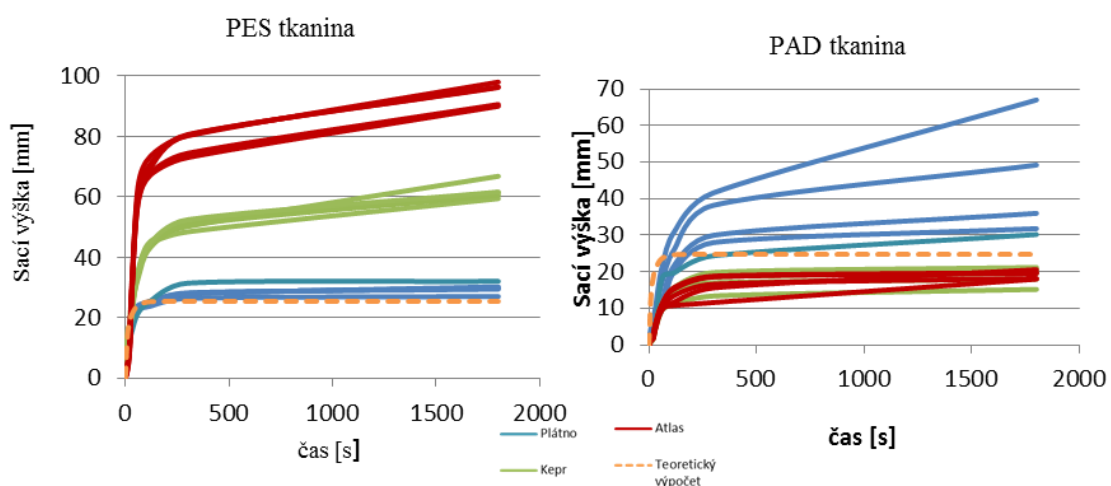
Teoretická nasákavost vypočítaná dle vztahu (7.1) byla porovnána s experimentálními hodnotami dosaženými pomocí proužkového testu (viz kapitola 2.2). Experimentální a teoretické hodnoty nasákavosti všech tkanin byly vyneseny do grafů a proloženy regresní přímkou (grafy jsou uvedeny v příloze 5). Pro každý materiál byla sledována lineární závislost, byly vypočítány koeficienty korelace a jejich statistická významnost (viz tabulka 17).

Z výsledků lineární regrese je možné se domnívat, že mezi experimentální a teoretickou nasákavostí není lineární závislost. Z výsledných hodnot korelačních koeficientů je patrná statisticky významná (označeno barevně) pozitivní míra korelace mezi experimentálními a teoretickými hodnotami sací výšky v čase. Pouze tkaniny v plátňové a keprové vazbě nevykazují ve směru útku lineární závislost.

Tabulka 17 - Korelační koeficienty mezi naměřenou a vypočítanou sací výškou

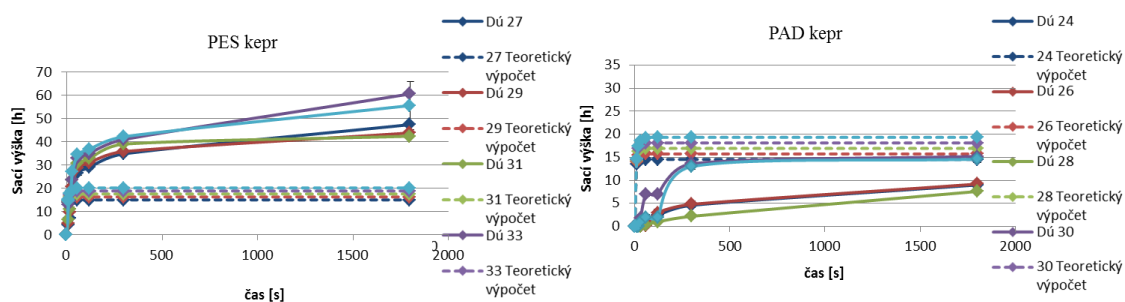
Naměřené - Vypočítané Sací výška [mm] ve směru osnovy			Korelační koeficient	Naměřené - Vypočítané Sací výška [mm] ve směru útku			Korelační koeficient
PES	plátno	21	0.980	PES	plátno	21	0.746
		23	0.981			23	0.733
		25	0.950			25	0.783
		27	0.968			27	0.869
		29	0.933			29	0.868
	kepr	27	0.913		kepr	27	0.659
		29	0.913			29	0.764
		31	0.891			31	0.825
		33	0.884			33	0.702
		35	0.889			35	0.793
	atlas	31	0.935		atlas	31	0.693
		33	0.931			33	0.741
		35	0.937			35	0.771
		37	0.940			37	0.788
		39	0.941			39	0.814
PAD	plátno	12	0.758	PAD	plátno	12	0.000
		14	0.795			14	0.182
		16	0.796			16	0.266
		18	0.805			18	0.281
		20	0.883			20	0.371
	kepr	24	0.913		kepr	24	0.367
		26	0.879			26	0.389
		28	0.910			28	0.350
		30	0.929			30	0.657
		32	0.892			32	0.506
	atlas	30	0.873		atlas	30	0.663
		32	0.847			32	0.775
		34	0.903			34	0.912
		36	0.895			36	0.880
		38	0.908			38	0.970

Rozdíl v průběhu vztlínání ve směru osnovy v rámci jednotlivých vazeb tkaniny je zobrazen na obrázku 28. Současně je také zobrazen výpočet teoretického průběhu vztlínání. Skutečné vztlínání polyesterových tkanin má podobný průběh jako vypočítaný, kdy dochází ke značnému nárůstu již v prvních časových úsecích, poté je nárůst mírnější. Dochází však k rozdílu v závislosti na vazbě tkaniny. K teoretickým hodnotám se nejvíce přibližují tkaniny v plátnové vazbě. Tyto tkaniny mají nejjednodušší strukturu, která se nejvíce přibližuje zjednodušenému modelu rovnoběžných kapilár. U ostatních vazeb, kde struktura soustavy kapilár není zcela horizontální, dochází k větším rozdílu. Polyamidové tkaniny vykazují nižší experimentální hodnoty než teoretické.

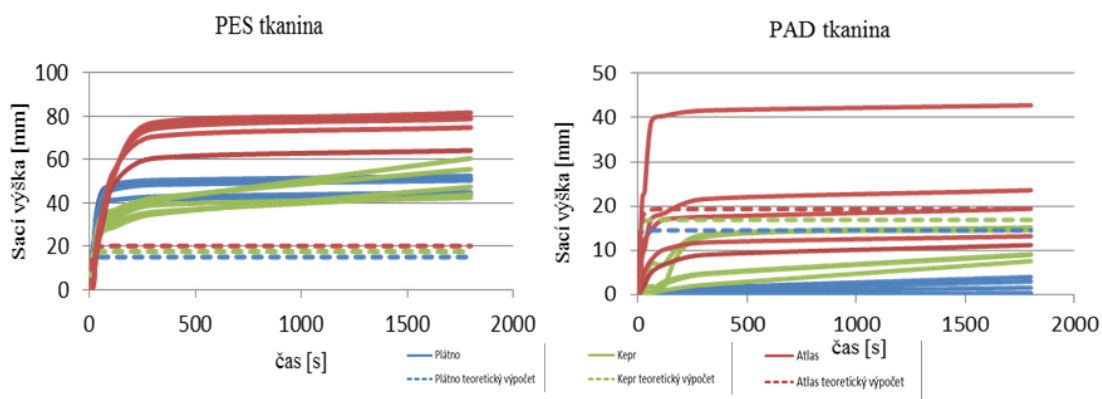


Obrázek 28 - Porovnání sací výšky v čase ve směru osnovy

Rozdíl v průběhu vztlínání ve směru útku mezi teoretickými a experimentálními hodnotami je zobrazen na obrázku 30. Obrázek 29 pak zobrazuje rozdíly u keprové tkaniny, kde jsou uvedeny teoretické hodnoty pro každou dostavu útku. Protože se teoretický průběh tkanin s různou dostavou liší jen minimálně, byly tyto křivky nahrazeny průměrnou křivkou pro každou vazbu. Skutečné vztlínání polyesterových tkanin má podobný průběh jako vypočítaný, ale hodnoty jsou vyšší než teoretické. Největší rozdíl je u atlasové vazby, nejmenší pak u plátnové. Polyamidové tkaniny vykazují menší hodnoty (u plátnové vazby dokonce nulové) než teoretické. Jsou zde také patrné rozdíly mezi jednotlivými vazbami.



Obrázek 29 - Porovnání sací výšky v čase ve směru útku, kepr



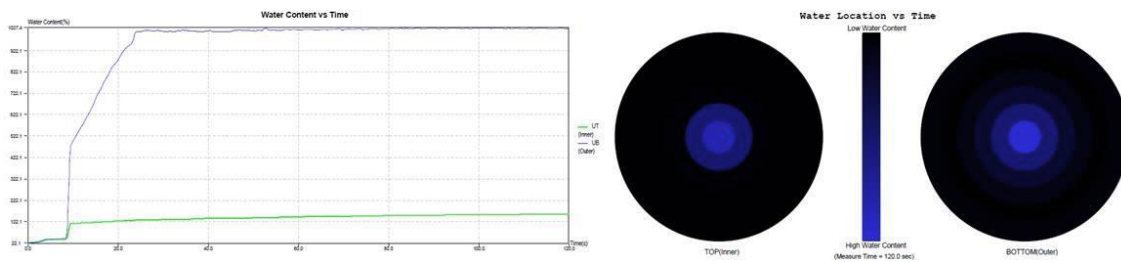
Obrázek 30 - Porovnání sací výšky v čase ve směru útku

2.7 Diskuze výsledků

Následující část práce je věnována diskuzi výsledků dosažených pomocí přístroje MMT (kapitola 2.2) a testu vztlínání (kapitola 2.4). U všech provedených testů jsou patrné rozdílné výsledky z hlediska materiálového složení tkanin, to je také zohledněno v následujícím porovnání obou testů.

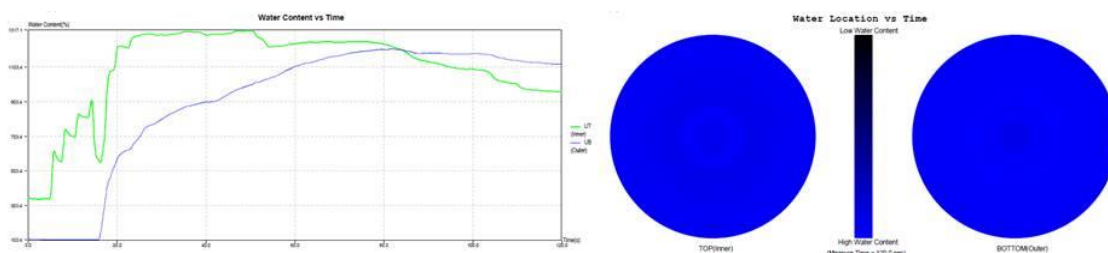
Polyesterové tkaniny

U všech vzorků tkanin v plátňové a keprové vazbě je obsah vody v textilií na spodní straně vyšší než na horní straně. To znamená, že voda se transportuje textilií a horní strana zůstane sušší než dolní strana. Obě strany tkaniny mají malou plochu navlhčení. Příklad pro plátňovou vazbu s dostavou útku 27 nití/cm je zobrazen na obrázku 31. Obsah vody v tkanině na spodní straně dosahuje vrcholu již po skončení čerpání kapky roztoku, tj. v čase 20 s. Po tomto čase již obsah vody nestoupá, ale zůstává stejný po celou dobu měření.



Obrázek 31 - Grafický výstup MMT - PES - Plátno - Dú 27; vpravo obsah vody v čase (horní strana zeleně, dolní strana modře); vlevo plocha šíření odpovídající max rádiu navlhčení na horní a spodní straně

U atlasové tkaniny dochází nejdříve k nárůstu obsahu vody na obou stranách (obrázek 32), vyšší hodnoty jsou však na horní straně tkaniny. Po dosažení času měření přibližně 80 s dochází k poklesu na horní straně a nárůstu na spodní straně. Průměrné hodnoty savosti jsou vyšší na horní straně. Plocha navlhčení tkaniny je velká a stejná na obou stranách, to ukazuje na rychlé šíření kapaliny v tkanině. To koresponduje s provedeným kapkovým testem, kde bylo zřejmé velmi rychlé šíření kapaliny ve tkanině ve všech směrech.

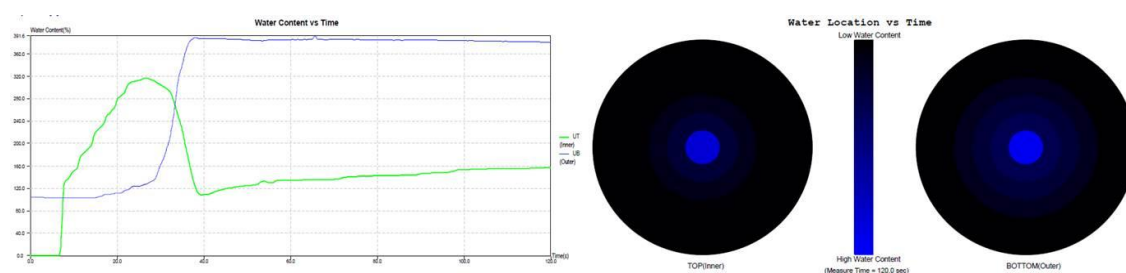


Obrázek 32 - Grafický výstup MMT - PES - Atlas - Dú 31; vpravo obsah vody v čase (horní strana zeleně, dolní strana modře); vlevo plocha šíření odpovídající max rádiu navlhčení na horní a spodní straně

Oba provedené testy vykazují rozdíly v nasákavosti mezi jednotlivými vazbami tkanin. Atlasové vazby mají nejvyšší hodnoty vztlínání, ale vykazují nižší stupně celkové schopnosti přenosu kapaliny. To znamená, že kapalina se sice rychle šíří v ploše, ale přenos na druhou stranu již tak dobrý není. Přesným opakem jsou plátňové vazby. Polyesterové tkaniny vykazují rovnoměrnější hodnoty vztlínání naměřené pomocí proužkového i kapkového testu. Rozdíly mezi směrem osnovy a směrem útku byly zjištěny pouze při měření sací výšky u plátňové vazby. Celkově lze polyesterové tkaniny hodnotit dobrým managementem vlhkosti a schopností propouštět vlhkost.

Polyamidové tkaniny

U všech polyamidových tkanin docházelo k podobnému průběhu šíření obsahu vody ve tkanině. Na obrázku 33 je příklad v plátňové vazbě s dostavou útku 12 nití/cm. Dochází zde k prudkému nárůstu obsahu vody na horní straně po dobu čerpání kapaliny (20 s). Poté obsah vody klesá, zatímco na dolní straně narůstá. Oba provedené testy vykazují vyšší kolísání naměřených hodnot, které se také značně liší ve směru osnovy a ve směru útku. Výsledky přístroje MMT udávají velmi slabou schopnost přenosu vlhkosti, což koresponduje s provedeným proužkovým testem, kde u některých kapalin nedocházelo k žádnému vztlínání.



Obrázek 33 - Grafický výstup MMT - PAD - Plátno - Dú 12; vpravo obsah vody v čase (horní strana zeleně, dolní strana modře); vlevo plocha šíření odpovídající max rádiu navlhčení na horní a spodní straně

Na vybraných tkaninách byla sledována závislost šíření vlhkosti na geometrických parametrech tkaniny. U obou typů materiálového složení nedocházelo ke statisticky významným změnám se změnou dostavy útku. Jisté změny lze však pozorovat se změnou vazby, především při vztlínání ve směru osnovy. Na vztlínání tak mají vliv další parametry tkaniny, které se mění s vazbou, jako například porozita nebo počet flotází. Nejvyšších hodnot dosahovaly tkaniny v atlasové vazbě, které mají vyšší počet flotází. V tkanině jsou větší póry, kde kapalina lépe vztlíná. Tkaniny s plátňovou a keprovou vazbou dosahovaly nižších hodnot.

Závěr

Cílem této práce bylo analyzovat plošnou nasákavost tkanin. V rešeršní části práce je popsána problematika vzlínání, smáčení a komfortu textilií. Tato část práce také obsahuje popis základních testů pro měření plošné nasákavosti.

Experimentální část je zaměřená na testování a vyhodnocení plošné nasákavosti v závislosti na různých parametrech tkaniny. Za tímto účelem byly vybrány dvě metody – měření vzlínání pomocí proužkového testu a měření distribuce vlhkosti v ploše pomocí přístroje MMT. K dispozici byl soubor tkanin dodaných z laboratoří katedry textilních technologií. Porovnávány byly dvě sady tkaniny lišící se materiálovým složením – polyamid a polyester. Každá sada tkanin obsahovala tři základní vazby – plátno, kepr a atlas. Pro každou vazbu bylo připraveno pět různých dostav útku, dostava osnovy byla pro všechny tkaniny stejná.

U obou provedených testů je patrný rozdíl v materiálovém složení tkanin. Polyesterové tkaniny mohou být hodnoceny jako tkaniny s dobrým managementem vlhkosti. Dochází u nich k rovnoměrnému šíření kapaliny a jsou schopny propouštět vlhkost. Naopak polyamidové tkaniny vykazovaly horší výsledky nasákavosti. Docházelo zde také k velkému kolísání naměřených hodnot.

Pro zjištění vlivu dostavy na nasákavost tkanin byla sledována míra lineární závislosti. Na přístroji MMT nedocházelo se změnou dostavy ke statisticky významným změnám, protože se zde často překrývaly intervaly spolehlivosti hodnot sousedních dostav. Při měření vzlínání pomocí proužkového testu byly rozdíly větší, přesto nelze říci, že jde o statisticky významný trend.

Změny v transportu vlhkosti lze pozorovat v závislosti na změně vazby. Z vypočítaných koeficientů korelace u výsledků proužkového testu lze říci, že existuje závislost mezi vazbou a výškou vzlínání, především ve směru osnovy. Nejvyšších hodnot sací výšky dosahovaly tkaniny v atlasové vazbě, pak keprové a nejméně plátnové. Plátnové vazby mají nejtěsnější strukturu, kde je menší prostor pro kapalinu, oproti tomu atlasové jsou volnější a mají vyšší počet flotází. Naopak u měření na přístroji MMT se tento trend nepotvrdil. To je pravděpodobně způsobeno tím, že přístroj MMT měří šíření kapaliny v kruzích a nerozlišuje šíření ve směru osnovy a útku.

Dále byl proveden výpočet teoretické nasákavosti tkaniny a výsledky byly porovnány s experimentálně naměřenými hodnotami vztlínání. Pro vyšetření závislosti byl zvolen lineární model, kde nezávislou proměnou byla teoretická nasákavost a závislou experimentální nasákavost. U každé tkaniny docházelo k různým hodnotám závislosti. Z dosažených výsledků je patrné, že nejbližší k teoretickému modelu mají pouze tkaniny v plátňové vazbě, které se svým uspořádáním nejvíce přibližují teoretickému modelu. I u nich však dochází k rozdílům ve směru osnovy a útku.

Vliv na celkový management vlhkosti mají tedy různé parametry, které se liší s jednotlivými vazbami tkanin. Kapilární prostor a jeho uspořádání má dopad na následné šíření kapaliny v tkanině. Přenos kapaliny tkaninou je pak ovlivněn tvarem a velikostí pórů v tkanině.

Seznam literatury

- [1] HES, L. a P. SLUKA. *Úvod do komfortu textilií*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2005. 109 s. ISBN 80-7083-926-0.
- [2] DAS, B., A. DAS, V. K. KOTHARI a M. DE ARAÚJO. Moisture transmission through textiles: Part I: Processes involved in moisture transmission and the factors at play. *AUTEX Research Journal*. 2007, **7**(2), 100-110.
- [3] ČSN 80 0831. *Savost plošných textilií: Stanovení nasákavosti*. Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření. 1971.
- [4] KOVAČIČ, V. *Textilní zkušebnictví*. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita. 2004. 2 sv. (79. 69 s.). ISBN 80-708-3825-6.
- [5] DEJLOVÁ, P. *Vzlínání kapaliny do textilií*. Liberec. 2002. Diplomová práce. Technická univerzita Liberec.
- [6] WIENER, J. Vzlínání kapaliny do plošné textilie. 10/2013. CENTRUM TEXTIL.
- [7] *Úhel smáčení* [online]. [cit. 2016-01-05]. Dostupné z: http://147.33.74.135/knihy/uid_es-001/hesla/uhel_smaceni.html
- [8] KHOLOVÁ, I. *Vzlínání kapalin do vlákněného útvaru*. Liberec. 2002. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci
- [9] *Měření úhlu smáčení* [online]. [cit. 2016-01-05]. Dostupné z: http://147.33.74.135/knihy/uid_es-001/hesla/mereni_uhlu_smaceni.html
- [10] Katedra materiálového inženýrství: Studijní materiály. *TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI: Fakulta textilní* [online]. Liberec. 2011 [cit. 2016-01-05]. Dostupné z: http://www.kmi.tul.cz/studijni_materialy/data/2013-04-17/08-29-36.pdf
- [11] HARNETT, P. R. a P. N. MEHTA. A Survey and Comparison of Laboratory Test Methods for Measuring Wicking. *Textile Research Journal*. 1984, **54**(7), 471-478.
- [12] HAMRAOUI, A. a T. NYLANDER. Analytical Approach for the Lucas–Washburn Equation. *Journal of Colloid and Interface Science* [online]. 2002, **250**(2), 415-421 [cit. 2016-05-01]. DOI: 10.1006/jcis.2002.8288. ISSN 00219797. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0021979702982883>
- [13] PARVEENBANU, K. a S. LAKSHMI MANOKARI. Wicking Behaviour of Woven Cotton Fabrics by Horizontal Method. *International Journal of Science and Research* [online]. 2014, **3**(8), 1147-1151 [cit. 2016-01-19]. ISSN 2319-7064. Dostupné z: <http://www.ijsr.net/archive/v3i8/MDIwMTU2MDE%3D.pdf>

- [14] SHARABATY, T., F. BIGUENET, D. DUPUIS a P. VIALLIER. Investigation of moisture transport through polyester/cotton fabric. *Indian journal of fibre & textile research*. New Delhi: Publications. 2008, **33**(4), 419-425. ISSN 0971-0426.
- [15] RAMESH BABU, V., G. RAMAKRISHNAN, V. S. SUBRAMANIAN a L. KANTHA. Analysis of Fabrics Structure on the Character of Wicking. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*. 2012. **7**(3). 28-33.
- [16] ČSN 80 0828: *Plošné textilie. Stanovení savosti vůči vodě. Postup vztlínáním*. Praha: Federální úřad pro normalizaci a měření. 1992.
- [17] MOISTURE MANAGEMENT TESTER Přístroj pro sledování a měření vlhkosti. Navod k použití. Rev. 4.1 (11/10). (SN: 808G0007) SDL Atlas Ltd.
- [18] HU, J. Moisture Management Tester: A Method to Characterize Fabric Liquid Moisture Management Properties. *Textile Research Journal* [online]. 2005, **75**(1), 57-62 [cit. 2016-05-01]. DOI: 10.1177/004051750507500111. ISSN 0040-5175. Dostupné z: <http://trj.sagepub.com/cgi/doi/10.1177/004051750507500111>
- [19] MELOUN, M. a J. MILITKÝ. *Statistické zpracování experimentálních dat*. 1. vyd. Praha: PLUS, 1994.

Seznam obrázků

- Obrázek 1 - Oděvní systém, [1]
Obrázek 2 – Kontaktní úhel [7]
Obrázek 3 – Kapka vody na tkanině, převzato [4]
Obrázek 4 - Stanovení sací výšky pomocí proužkového testu, převzato [11]
Obrázek 5 – Skvrnový test, převzato [11]
Obrázek 6 - Sifonový test, převzato [11]
Obrázek 7 - Deskový test, převzato [11]
Obrázek 8 - Dynamický test, kde 1 - textilie, 2 - zásobník; převzato [8]
Obrázek 9 - Proces absorpce kapaliny [17]
Obrázek 10 - Savost a doba navlhčení PES tkaniny, plátno
Obrázek 11 - Oblasti vlhčení PES tkaniny, plátno
Obrázek 12 - Schéma snímacího panelu přístroje MMT, [18]
Obrázek 13 - Hodnocení schopnosti managementu vlhkosti
Obrázek 14 – Graf doby navlhčení
Obrázek 15 - Graf savosti tkaniny
Obrázek 16 - Graf maximální rádius navlhčení
Obrázek 17 - Graf rychlosti šíření kapaliny v tkanině
Obrázek 18 - Graf jednosměrného přenosu kapaliny
Obrázek 19 - Graf OMMC
Obrázek 20 - Výška ve směru osnovy v čase 120 s
Obrázek 21 - Výška ve směru útku v čase 120 s
Obrázek 22 - Vzlínání v čase PES plátno
Obrázek 23 - Vzlínání v čase PES kepr
Obrázek 24 - Vzlínání v čase PES atlas
Obrázek 25 - Vzlínání v čase PAD plátno
Obrázek 26 - Vzlínání v čase PAD kepr
Obrázek 27 - Vzlínání v čase PAD atlas
Obrázek 28 - Porovnání sací výšky v čase ve směru osnovy
Obrázek 29 - Porovnání sací výšky v čase ve směru útku, kepr
Obrázek 30 - Porovnání sací výšky v čase ve směru útku
Obrázek 31 - Grafický výstup MMT - PES - Plátno - Dů 27
Obrázek 32 - Grafický výstup MMT - PES - Atlas - Dů 31
Obrázek 33 - Grafický výstup MMT - PAD - Plátno - Dů 12

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Typy textilií [17]

Tabulka 2 - Použitý materiál

Tabulka 3 - Průměrné hodnoty měření MMT

Tabulka 4 - Stupně hodnocení pro dobu navlhčení [17]

Tabulka 5 - Stupně hodnocení pro savost [17]

Tabulka 6 - Stupně hodnocení pro rádius navlhčení [17]

Tabulka 7 - Stupně hodnocení rychlostí šíření kapaliny [17]

Tabulka 8 - Stupně hodnocení schopnosti jednosměrného přenosu kapaliny [17]

Tabulka 9 - Stupně hodnocení schopnosti managementu vlhkosti [17]

Tabulka 10 - Rozdělení tkanin do kategorií

Tabulka 11 - Korelační koeficienty mezi dostavou a ukazateli managementu, PES

Tabulka 12 - Korelační koeficienty mezi dostavou a ukazateli managementu, PAD

Tabulka 13 - Naměřené hodnoty kapkového testu

Tabulka 14 - Korelační koeficienty mezi dostavou a sací výškou

Tabulka 15 - Parametry tkaniny

Tabulka 16 - Vypočítané hodnoty sací výšky v čase

Tabulka 17 - Korelační koeficienty mezi naměřenou a vypočítanou sací výškou

Přílohy

Příloha 1: Tabulka se stupnicí hodnocení

Příloha 2: Výsledky MMT

Příloha 3: Sací výška v čase

Příloha 4: Teoretická nasákavost pomocí odmocninové aproximace

Příloha 5: Vztah mezi experimentální a teoretickou nasákavostí

Příloha 1: Tabulka se stupnicí hodnocení

Index \ Stupeň		1	2	3	4	5
Doba navlhčení (s)	Horní strana	>=120	20-119	5~19	3~5	<3
		Žádné navlhčení	Pomalé	Střední	Rychlé	Velmi rychlé
	Spodní strana	>=120	20-119	5~19	3~5	<3
		Žádné navlhčení	Pomalé	Střední	Rychlé	Velmi rychlé
Savost (%/s)	Horní strana	0~10	10~30	30~50	50~100	>100
		Velmi pomalá	Pomalá	Střední	Rychlá	Velmi rychlá
	Spodní strana	0~10	10~30	30~50	50~100	>100
		Velmi pomalá	Pomalá	Střední	Rychlá	Velmi rychlá
Maximální rádius navlhčení	Horní strana	0~7	7~12	12~17	17~22	>22
		Žádné navlhčení	Malé	Střední	Rychlé	Velmi rychlé
	Spodní strana	0~7	7~12	12~17	17~22	>22
		Žádné navlhčení	Malé	Střední	Rychlé	Velmi rychlé
Rychlost šíření kapaliny (mm/s)	Horní strana	0~1	1~2	2~3	3~4	>4
		Velmi pomalá	Pomalá	Střední	Rychlá	Velmi rychlá
	Spodní strana	0~1	1~2	2~3	3~4	>4
		Velmi pomalá	Pomalá	Střední	Rychlá	Velmi rychlá
Schopnost jednosměrného přenosu kapaliny		<-50	-50~100	100~200	200~400	>400
		Velmi slabá	Slabá	Dobrá	Velmi dobrá	Výborný
OMMC		0~0.2	0.2~0.4	0.4~0.6	0.6~0.8	>0.8
		Velmi slabá	Slabá	Dobrá	Velmi dobrá	Výborný

Příloha 2: Výsledky MMT

Tabulka 1 - MMT PES Plátno

PES Plátno UNI Do 42		Doba navlhčení [s]		Savost [%/s]		Max radius navlhčení		Rychlost šíření kapaliny [mm/s]		Schopnost jednosměrného přenosu kapaliny	OMMC
Dů		horní (rubní)	dolní (lícni)	horní (rubní)	dolní (lícni)	horní (rubní)	dolní (lícni)	horní (rubní)	dolní (lícni)		
21	Průměr	0.842	2.839	3.114	38.222	5.000	6.667	4.450	2.021	654.390	0.645
	Směrodatná odchylka	0.501	1.135	0.034	1.453	0.000	2.357	1.210	0.943	55.603	0.094
	Variační koeficient	59.505	39.964	1.076	3.802	0.000	35.355	27.188	46.681	8.497	14.598
	95% IS	0.567	1.284	0.038	1.644	0.000	0.000	1.369	1.068	62.920	0.107
	Stupeň	5	5	1	3	1	2	5	3	5	4
23	Průměr	2.184	3.244	7.897	30.500	6.667	6.667	1.613	1.884	953.012	0.612
	Směrodatná odchylka	1.683	0.542	5.258	2.877	2.357	2.357	0.438	0.794	75.509	0.045
	Variační koeficient	77.094	16.707	66.589	9.432	35.355	35.355	27.182	42.164	7.923	7.428
	95% IS	1.905	0.613	5.950	3.255	0.000	0.000	0.496	0.899	85.445	0.051
	Stupeň	5	4	1	3	1	1	2	2	5	4
25	Průměr	5.569	3.885	5.713	30.963	5.000	5.000	0.736	1.039	821.868	0.587
	Směrodatná odchylka	1.732	1.685	3.731	5.178	0.000	0.000	0.287	0.255	65.729	0.021
	Variační koeficient	31.101	43.378	65.307	16.722	0.000	0.000	39.067	24.548	7.998	3.595
	95% IS	2.400	2.335	4.222	7.176	0.000	0.000	0.325	0.288	74.378	0.024
	Stupeň	3	5	1	3	1	1	1	2	5	3
27	Průměr	5.366	4.118	3.940	38.451	5.000	5.000	1.231	1.367	531.718	0.606
	Směrodatná odchylka	2.713	1.458	13.537	2.865	0.000	0.000	0.717	0.607	174.103	0.060
	Variační koeficient	50.562	35.407	343.576	7.451	0.000	0.000	58.237	44.431	32.743	9.856
	95% IS	3.070	1.650	18.761	3.242	0.000	0.000	0.811	0.687	197.012	0.068
	Stupeň	3	4	1	3	1	1	2	2	5	4
29	Průměr	2.309	2.527	11.460	36.628	6.667	5.000	2.332	2.846	504.377	0.730
	Směrodatná odchylka	0.895	1.991	9.438	4.243	2.357	0.000	0.562	1.372	97.441	0.100
	Variační koeficient	38.772	78.806	82.360	11.583	35.355	0.000	24.090	48.216	19.319	13.691
	95% IS	1.013	2.253	13.081	4.801	2.667	0.000	0.636	1.553	110.263	0.113
	Stupeň	5	5	2	3	1	1	3	3	5	4

Tabulka 2 - MMT PES Kepr

PES Kepr UNI Do 42		Doba navlhčení [s]		Savost [%/s]		Max radius navlhčení		Rychlost šíření kapaliny [mm/s]		Schopnost jednosměrného přenosu kapaliny	OMMC
Dů		horní (rubní)	dolní (lícni)	horní (rubní)	dolní (lícni)	horní (rubní)	dolní (lícni)	horní (rubní)	dolní (lícni)		
27	Průměr	4.836	5.777	7.948	39.398	11.667	13.333	2.538	1.835	637.544	0.382
	Směrodatná odchylka	2.350	2.595	12.573	15.836	6.236	8.498	1.829	1.400	335.647	0.347
	Variační koeficient	48.585	44.926	158.195	40.194	53.452	63.738	72.055	76.308	52.647	91.007
	95% IS	2.659	2.937	17.426	21.947	7.057	9.617	2.069	1.584	465.174	0.393
	Stupeň	4	3	1	3	2	2	3	2	5	3
29	Průměr	1.653	3.556	6.209	24.892	11.667	15.000	3.671	1.569	976.966	0.589
	Směrodatná odchylka	1.038	0.202	2.790	4.799	6.236	10.801	2.241	0.185	51.148	0.019
	Variační koeficient	62.755	5.684	44.935	19.279	53.452	72.008	61.037	11.786	5.235	3.289
	95% IS	1.174	0.229	3.157	5.430	0.000	12.223	2.536	0.209	57.879	0.022
	Stupeň	5	4	1	2	2	3	4	2	5	5
31	Průměr	1.404	3.026	10.089	36.087	8.333	5.000	1.993	1.599	788.809	0.622
	Směrodatná odchylka	0.868	0.622	1.850	7.205	2.357	0.000	0.154	0.324	79.849	0.043
	Variační koeficient	61.829	20.573	18.338	19.965	28.284	0.000	7.700	20.262	10.123	6.951
	95% IS	0.982	0.704	2.093	8.153	2.667	0.000	0.174	0.367	90.356	0.049
	Stupeň	5	4	2	3	2	1	3	2	5	4
33	Průměr	3.620	3.994	9.793	42.939	8.333	6.667	1.711	1.453	559.371	0.633
	Směrodatná odchylka	1.559	1.517	0.466	2.912	2.357	2.357	0.778	0.681	19.511	0.049
	Variační koeficient	43.080	37.996	4.754	6.782	28.284	0.000	45.440	46.890	3.488	7.668
	95% IS	1.765	1.717	0.527	3.295	2.667	0.000	0.880	0.771	22.079	0.055
	Stupeň	4	4	1	3	2	1	2	2	5	4
35	Průměr	1.888	3.656	8.498	35.551	8.333	8.333	2.952	1.126	517.065	0.254
	Směrodatná odchylka	0.399	0.359	1.348	4.175	2.357	2.357	0.926	0.171	56.995	0.178
	Variační koeficient	21.138	9.828	15.862	11.744	28.284	28.284	31.373	15.162	11.023	69.893
	95% IS	0.452	0.407	1.525	4.725	2.667	2.667	1.048	0.193	64.495	0.201
	Stupeň	5	4	1	3	2	2	3	2	5	2

Tabulka 3 - MMT PES Atlas

PES Atlas UNI Do 42		Doba navlhčení [s]		Savost [%/s]		Max radius navlhčení		Rychlost šíření kapaliny [mm/s]		Schopnost jednosměrného přenosu kapaliny	OMMC
Dů		horní (rubní)	dolní (lící)	horní (rubní)	dolní (lící)	horní (rubní)	dolní (lící)	horní (rubní)	dolní (lící)		
31	Průměr	4.092	4.820	48.365	18.009	30.000	30.000	4.723	4.265	-188.805	0.348
	Směrodatná odchylka	0.122	0.245	5.936	1.607	0.000	0.000	0.393	0.796	201.276	0.159
	Variační koeficient	2.987	5.093	12.274	8.926	0.000	0.000	8.317	18.670	-106.605	45.766
	95% IS	0.138	0.278	8.227	1.819	0.000	0.000	0.445	0.901	278.950	0.180
	Stupeň	4	4	3	2	5	5	5	5	1	2
33	Průměr	4.212	8.487	46.932	18.100	30.000	30.000	5.722	4.462	-222.659	0.273
	Směrodatná odchylka	1.070	1.245	0.205	2.012	0.000	0.000	2.023	0.251	44.610	0.006
	Variační koeficient	25.393	14.665	0.437	11.116	0.000	0.000	35.352	5.629	-20.035	2.050
	95% IS	1.210	1.408	0.232	2.277	0.000	0.000	2.289	0.284	50.481	0.006
	Stupeň	4	3	3	2	5	5	5	5	1	2
35	Průměr	4.586	9.610	47.301	16.396	30.000	30.000	4.458	3.228	-159.917	0.203
	Směrodatná odchylka	1.011	1.084	6.158	0.448	0.000	0.000	1.283	0.298	3.355	0.026
	Variační koeficient	22.047	11.281	13.018	2.731	0.000	0.000	28.782	9.232	-2.098	12.729
	95% IS	1.144	1.227	6.968	0.507	0.000	0.000	1.452	0.337	3.797	0.029
	Stupeň	4	3	3	2	5	5	5	5	1	2
37	Průměr	3.370	8.955	48.822	17.457	30.000	30.000	6.434	3.698	-135.595	0.246
	Směrodatná odchylka	0.753	0.880	0.944	1.268	0.000	0.000	1.562	0.169	21.198	0.018
	Variační koeficient	22.343	9.823	1.934	7.265	0.000	0.000	24.279	4.567	-15.633	7.155
	95% IS	0.852	0.995	1.068	1.435	0.000	0.000	1.768	0.191	23.987	0.020
	Stupeň	4	3	3	2	5	5	5	4	1	2
39	Průměr	3.531	8.691	47.774	16.849	30.000	30.000	4.305	2.972	-118.724	0.194
	Směrodatná odchylka	0.410	0.242	0.182	0.553	0.000	0.000	0.818	0.215	13.193	0.049
	Variační koeficient	11.612	2.786	0.382	3.283	0.000	0.000	18.994	7.225	-11.113	25.324
	95% IS	0.464	0.274	0.206	0.626	0.000	0.000	0.925	0.243	14.930	0.056
	Stupeň	4	3	3	2	5	5	5	3	1	1

Tabulka 4 - MMT PAD Plátno

PAD plátno UNI Do 42		Doba navlhčení [s]		Savost [%/s]		Max radius navlhčení		Rychlost šíření kapaliny [mm/s]		Schopnost jednosměrného přenosu kapaliny	OMMC
Dů		horní (rubní)	dolní (lící)	horní (rubní)	dolní (lící)	horní (rubní)	dolní (lící)	horní (rubní)	dolní (lící)		
12	Průměr	6.989	7.777	19.492	5.501	5.000	5.000	0.709	0.370	60.122	0.134
	Směrodatná odchylka	0.986	1.584	2.234	2.677	0.000	0.000	0.092	0.110	100.671	0.096
	Variační koeficient	14.102	20.363	11.460	48.653	0.000	0.000	12.987	29.664	167.445	72.175
	95% IS	1.115	2.195	2.528	3.029	0.000	0.000	0.104	0.124	113.918	0.109
	Stupeň	3	3	2	1	1	1	1	1	2	1
14	Průměr	6.412	5.390	18.582	20.321	5.000	5.000	0.769	0.550	260.312	0.369
	Směrodatná odchylka	0.752	0.040	9.975	5.436	0.000	0.000	0.090	0.245	108.709	0.121
	Variační koeficient	11.723	0.733	53.683	26.752	0.000	0.000	11.638	44.591	41.761	32.847
	95% IS	0.851	0.055	11.288	6.152	0.000	0.000	0.101	0.278	123.014	0.137
	Stupeň	3	3	2	2	1	1	1	1	4	2
16	Průměr	4.290	7.192	16.706	8.741	5.000	8.333	1.534	0.733	51.689	0.126
	Směrodatná odchylka	2.143	0.367	3.466	4.092	0.000	4.714	0.916	0.047	116.288	0.119
	Variační koeficient	49.951	5.104	20.748	46.818	0.000	56.569	59.678	6.414	224.978	94.475
	95% IS	2.970	0.509	4.804	5.672	0.000	6.533	1.269	0.065	161.163	0.165
	Stupeň	4	3	2	1	1	1	2	1	2	1
18	Průměr	7.348	7.863	21.253	6.765	5.000	6.667	0.664	0.657	78.734	0.281
	Směrodatná odchylka	0.047	0.094	0.392	3.668	0.000	2.357	0.004	0.029	36.887	0.198
	Variační koeficient	0.633	1.189	1.846	54.225	0.000	35.355	0.618	4.374	46.850	70.366
	95% IS	0.064	0.130	0.544	4.151	0.000	2.667	0.006	0.040	51.121	0.224
	Stupeň	3	3	2	1	1	1	1	1	2	2
20	Průměr	5.079	7.270	18.439	9.630	5.000	5.000	0.707	0.678	110.147	0.181
	Směrodatná odchylka	3.470	0.766	4.231	2.986	0.000	0.000	0.086	0.069	107.928	0.118
	Variační koeficient	68.323	10.530	22.944	31.009	0.000	0.000	12.193	10.219	97.986	64.904
	95% IS	3.927	0.866	5.863	3.379	0.000	0.000	0.120	0.078	122.130	0.133
	Stupeň	5	3	2	1	1	1	1	1	3	1

Tabulka 5 - MMT PAD Kepr

PAD Kepr UNI Do 42		Doba navlhčení [s]		Savost [%/s]		Max radius navlhčení		Rychlost šíření kapaliny [mm/s]		Schopnost jednosměrného přenosu kapaliny	OMMC
Dů		horní (rubní)	dolní (lící)	horní (rubní)	dolní (lící)	horní (rubní)	dolní (lící)	horní (rubní)	dolní (lící)		
24	Průměr	7.925	28.985	19.832	4.199	5.000	8.333	0.637	0.253	-237.836	0.112
	Směrodatná odchylka	1.561	10.472	0.034	1.048	0.000	2.357	0.110	0.137	0.000	0.070
	Variační koeficient	19.704	36.130	0.169	24.960	0.000	28.284	17.231	54.324	0.000	62.090
	95% IS	1.767	11.850	0.047	1.452	0.000	2.667	0.124	0.155	0.000	0.079
	Stupeň	3	2	2	1	1	2	1	1	2	1
26	Průměr	6.661	27.651	20.008	3.877	5.000	3.333	0.760	0.140	-263.368	0.000
	Směrodatná odchylka	0.854	4.392	0.898	0.108	0.000	2.357	0.095	0.109	17.988	0.000
	Variační koeficient	12.824	15.886	4.486	2.780	0.000	70.711	12.467	77.711	-6.830	0.000
	95% IS	0.967	3.850	1.016	0.149	0.000	2.667	0.107	0.123	20.355	0.000
	Stupeň	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1
28	Průměr	5.991	16.654	19.679	4.756	5.000	5.000	0.816	0.213	-229.992	0.000
	Směrodatná odchylka	0.551	0.554	0.471	1.908	0.000	0.000	0.070	0.094	2.793	0.000
	Variační koeficient	9.205	3.330	2.392	40.123	0.000	0.000	8.595	44.199	-1.214	0.000
	95% IS	0.624	0.768	0.533	2.160	0.000	0.000	0.079	0.130	3.160	0.000
	Stupeň	3	3	2	1	1	1	1	1	1	1
30	Průměr	5.037	19.434	20.122	4.442	5.000	5.000	0.890	0.272	-244.320	0.000
	Směrodatná odchylka	0.682	4.785	0.494	1.173	0.000	0.000	0.068	0.068	26.410	0.000
	Variační koeficient	13.548	24.622	2.456	26.416	0.000	0.000	7.684	24.894	-10.809	0.000
	95% IS	0.772	5.415	0.559	1.328	0.000	0.000	0.095	0.077	29.885	0.000
	Stupeň	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1
32	Průměr	7.363	39.692	17.021	4.091	5.000	5.000	0.680	0.126	-177.823	0.001
	Směrodatná odchylka	1.512	3.124	1.797	0.947	0.000	0.000	0.132	0.009	20.859	0.002
	Variační koeficient	20.541	7.871	10.556	23.142	0.000	0.000	19.445	7.420	-11.730	141.421
	95% IS	1.712	3.535	2.033	1.312	0.000	0.000	0.150	0.011	23.604	0.002
	Stupeň	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1

Tabulka 6 - MMT PAD Atlas

PAD Atlas UNI Do 42		Doba navlhčení [s]		Savost [%/s]		Max radius navlhčení		Rychlost šíření kapaliny [mm/s]		Schopnost jednosměrného přenosu kapaliny	OMMC
Dů		horní (rubní)	dolní (lící)	horní (rubní)	dolní (lící)	horní (rubní)	dolní (lící)	horní (rubní)	dolní (lící)		
30	Průměr	8.855	6.365	4.691	16.354	5.000	6.667	0.258	0.882	278.353	0.366
	Směrodatná odchylka	0.037	2.327	1.821	0.886	0.000	2.357	0.211	0.318	139.143	0.134
	Variační koeficient	0.418	36.555	38.824	5.415	0.000	35.355	81.800	36.036	49.988	36.489
	95% IS	0.051	2.633	2.524	1.002	0.000	2.667	0.239	0.360	157.453	0.151
	Stupeň	3	3	1	2	1	1	1	1	4	2
32	Průměr	5.184	6.183	15.867	11.451	5.000	5.000	0.668	0.868	339.780	0.448
	Směrodatná odchylka	2.492	1.709	4.024	3.418	0.000	0.000	0.000	0.288	46.723	0.065
	Variační koeficient	48.077	27.639	25.361	29.847	0.000	0.000	0.000	33.184	13.751	14.418
	95% IS	2.820	1.934	4.554	3.868	0.000	0.000	0.000	0.326	52.872	0.073
	Stupeň	3	3	2	2	1	1	2	1	4	3
34	Průměr	6.670	5.273	13.107	14.629	5.000	5.000	0.615	0.939	233.800	0.332
	Směrodatná odchylka	1.734	0.842	6.575	3.483	0.000	0.000	0.402	0.150	59.319	0.076
	Variační koeficient	25.998	15.964	50.161	23.809	0.000	0.000	65.491	15.965	25.372	23.003
	95% IS	1.962	0.952	7.440	3.941	0.000	0.000	0.455	0.170	67.124	0.086
	Stupeň	3	4	2	2	1	1	1	1	4	2
36	Průměr	5.514	4.423	12.927	13.765	6.667	5.000	0.657	0.879	203.663	0.130
	Směrodatná odchylka	0.458	1.615	7.077	4.039	2.357	0.000	0.397	0.616	15.850	0.169
	Variační koeficient	8.299	36.514	54.742	29.340	35.355	0.000	60.523	70.020	7.782	129.625
	95% IS	0.518	2.238	8.008	4.570	2.667	0.000	0.450	0.697	21.966	0.191
	Stupeň	3	4	2	2	1	1	1	1	4	1
38	Průměr	6.365	2.995	16.936	3.181	5.000	5.000	0.801	0.651	116.286	0.208
	Směrodatná odchylka	1.526	0.000	3.059	0.369	0.000	0.000	0.161	0.651	6.645	0.159
	Variační koeficient	23.980	0.000	18.062	11.608	0.000	0.000	20.123	99.956	5.715	76.252
	95% IS	1.727	0.000	3.462	0.512	0.000	0.000	0.182	0.737	9.210	0.180
	Stupeň	3	4	2	1	1	1	1	1	3	2

Příloha 3: Sací výška v čase

PES Plátno UNI směr osnovy		10 s		20 s		30 s		60 s		120 s		300 s		1800 s	
Dů	Do 42	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc
21	Průměr	7.800	7.800	12.800	12.800	20.400	20.400	22.800	22.800	23.800	23.800	26.400	26.400	27.000	27.000
	Směrodatná odchylka	1.600	1.600	1.166	1.166	0.490	0.490	1.166	1.166	1.166	1.166	0.490	0.490	0.632	0.632
	Variační koeficient	20.513	20.513	9.111	9.111	2.401	2.401	5.115	5.115	4.900	4.900	1.856	1.856	2.342	2.342
	95% IS	1.402	1.402	1.022	1.022	0.429	0.429	1.022	1.022	1.022	1.022	0.429	0.429	0.554	0.554
23	Průměr	9.000	9.000	14.400	14.400	21.200	21.200	24.000	24.000	25.400	25.400	28.200	28.200	29.400	29.400
	Směrodatná odchylka	0.894	0.894	0.490	0.490	1.939	1.939	0.632	0.632	0.490	0.490	0.400	0.400	0.490	0.490
	Variační koeficient	9.938	9.938	3.402	3.402	9.147	9.147	2.635	2.635	1.929	1.929	1.418	1.418	1.666	1.666
	95% IS	0.784	0.784	0.429	0.429	1.700	1.700	0.554	0.554	0.429	0.429	0.351	0.351	0.429	0.429
25	Průměr	12.400	12.400	16.000	16.000	19.000	19.000	22.800	22.800	25.000	25.000	27.800	27.800	30.200	30.200
	Směrodatná odchylka	0.490	0.490	1.095	1.095	0.632	0.632	1.166	1.166	1.095	1.095	1.166	1.166	1.166	1.166
	Variační koeficient	3.951	3.951	6.847	6.847	3.329	3.329	5.115	5.115	4.382	4.382	4.195	4.195	3.862	3.862
	95% IS	0.429	0.429	0.960	0.960	0.554	0.554	1.022	1.022	0.960	0.960	1.022	1.022	1.022	1.022
27	Průměr	8.400	8.400	11.400	11.400	18.200	18.200	22.800	22.800	25.400	25.400	28.000	28.000	29.800	29.800
	Směrodatná odchylka	1.020	1.020	0.490	0.490	1.833	1.833	1.166	1.166	0.490	0.490	0.632	0.632	0.980	0.980
	Variační koeficient	12.141	12.141	4.297	4.297	10.072	10.072	5.115	5.115	1.929	1.929	2.259	2.259	3.288	3.288
	95% IS	0.894	0.894	0.429	0.429	1.607	1.607	1.022	1.022	0.429	0.429	0.554	0.554	0.859	0.859
29	Průměr	7.800	7.800	12.400	12.400	15.200	15.200	21.400	21.400	25.400	25.400	31.400	31.400	32.000	32.000
	Směrodatná odchylka	0.400	0.400	0.490	0.490	0.748	0.748	1.960	1.960	1.020	1.020	1.855	1.855	1.673	1.673
	Variační koeficient	5.128	5.128	3.951	3.951	4.923	4.923	9.157	9.157	4.015	4.015	5.907	5.907	5.229	5.229
	95% IS	0.351	0.351	0.429	0.429	0.656	0.656	1.718	1.718	0.894	0.894	1.626	1.626	1.467	1.467

PES plátno UNI směr útku		10 s		20 s		30 s		60 s		120 s		300 s		1800 s	
Dů	Do 42	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc
21	Průměr	15.400	15.400	23.800	23.800	35.000	35.000	45.800	47.800	48.000	48.000	49.400	49.400	50.800	50.800
	Směrodatná odchylka	0.490	0.490	2.135	2.135	0.632	0.632	0.748	1.470	1.095	1.095	0.800	0.800	0.748	0.748
	Variační koeficient	3.181	3.181	8.972	8.972	1.807	1.807	1.634	3.075	2.282	2.282	1.619	1.619	1.473	1.473
	95% IS	0.429	0.429	1.872	1.872	0.554	0.554	0.656	1.288	0.960	0.960	0.701	0.701	0.656	0.656
23	Průměr	14.800	14.800	23.200	23.200	30.800	30.800	44.000	44.000	48.800	48.800	50.400	50.400	52.400	52.400
	Směrodatná odchylka	0.400	0.400	0.400	0.400	0.748	0.748	0.632	0.632	0.748	0.748	0.800	0.800	1.356	1.356
	Variační koeficient	2.703	2.703	1.724	1.724	2.430	2.430	1.437	1.437	1.533	1.533	1.587	1.587	2.589	2.589
	95% IS	0.351	0.351	0.351	0.351	0.656	0.656	0.554	0.554	0.656	0.656	0.701	0.701	1.189	1.189
25	Průměr	12.400	12.400	20.600	20.600	30.400	30.400	42.800	42.800	46.400	46.400	48.400	48.400	50.400	50.400
	Směrodatná odchylka	1.625	1.625	0.800	0.800	0.490	0.490	1.166	1.166	0.490	0.490	1.356	1.356	1.356	1.356
	Variační koeficient	13.103	13.103	3.883	3.883	1.612	1.612	2.725	2.725	1.056	1.056	2.803	2.803	2.691	2.691
	95% IS	1.424	1.424	0.701	0.701	0.429	0.429	1.022	1.022	0.429	0.429	1.189	1.189	1.189	1.189
27	Průměr	11.600	11.600	19.200	19.200	33.200	33.200	40.400	40.400	41.400	41.400	42.800	42.800	44.800	44.800
	Směrodatná odchylka	0.800	0.800	0.748	0.748	0.400	0.400	0.490	0.490	0.490	0.490	0.748	0.748	0.980	0.980
	Variační koeficient	6.897	6.897	3.898	3.898	1.205	1.205	1.213	1.213	1.183	1.183	1.748	1.748	2.187	2.187
	95% IS	0.701	0.701	0.656	0.656	0.351	0.351	0.429	0.429	0.429	0.429	0.656	0.656	0.859	0.859
29	Průměr	10.600	10.600	19.200	19.200	28.400	28.400	31.400	31.400	36.400	36.400	41.400	41.400	43.800	43.800
	Směrodatná odchylka	0.490	0.490	2.135	2.135	1.497	1.497	1.855	1.855	1.855	1.855	1.744	1.744	2.561	2.561
	Variační koeficient	4.622	4.622	11.122	11.122	5.270	5.270	5.907	5.907	5.095	5.095	4.211	4.211	5.848	5.848
	95% IS	0.429	0.429	1.872	1.872	1.312	1.312	1.626	1.626	1.626	1.626	1.528	1.528	2.245	2.245

PES Kepr UNI směr osnovy		10 s		20 s		30 s		60 s		120 s		300 s		1800 s	
Dů	Do 42	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc
25	Průměr	9.000	9.000	12.800	12.800	20.400	20.400	34.400	34.400	44.400	44.400	48.400	48.400	59.400	59.400
	Směrodatná odchylka	0.894	0.894	1.166	1.166	1.020	1.020	0.490	0.490	0.490	0.490	1.744	1.744	0.800	0.800
	Variační koeficient	9.938	9.938	9.111	9.111	4.999	4.999	1.424	1.424	1.103	1.103	3.602	3.602	1.347	1.347
	95% IS	0.784	0.784	1.022	1.022	0.894	0.894	0.429	0.429	0.429	0.429	1.528	1.528	0.701	0.701
27	Průměr	7.600	7.600	11.000	11.000	22.000	22.000	34.000	34.000	44.000	44.000	51.200	51.200	61.400	61.400
	Směrodatná odchylka	1.020	1.020	1.095	1.095	1.897	1.897	1.265	1.265	1.265	1.265	2.482	2.482	0.800	0.800
	Variační koeficient	13.418	13.418	9.959	9.959	8.624	8.624	3.720	3.720	2.875	2.875	4.848	4.848	1.303	1.303
	95% IS	0.894	0.894	0.960	0.960	1.663	1.663	1.109	1.109	1.109	1.109	2.175	2.175	0.701	0.701
29	Průměr	9.600	9.600	12.800	12.800	23.600	23.600	35.200	35.200	45.200	45.200	50.200	50.200	66.800	66.800
	Směrodatná odchylka	0.490	0.490	1.166	1.166	0.490	0.490	1.600	1.600	1.600	1.600	0.748	0.748	1.470	1.470
	Variační koeficient	5.103	5.103	9.111	9.111	2.076	2.076	4.545	4.545	3.540	3.540	1.491	1.491	2.200	2.200
	95% IS	0.429	0.429	1.022	1.022	0.429	0.429	1.402	1.402	1.402	1.402	0.656	0.656	1.288	1.288
31	Průměr	13.000	13.000	14.400	14.400	23.400	23.400	32.800	32.800	43.200	43.200	50.600	50.600	60.600	60.600
	Směrodatná odchylka	0.632	0.632	0.490	0.490	1.855	1.855	1.470	1.470	0.748	0.748	0.800	0.800	0.490	0.490
	Variační koeficient	4.865	4.865	3.402	3.402	7.926	7.926	4.481	4.481	1.732	1.732	1.581	1.581	0.808	0.808
	95% IS	0.554	0.554	0.429	0.429	1.626	1.626	1.288	1.288	0.656	0.656	0.701	0.701	0.429	0.429
33	Průměr	15.200	15.200	17.800	17.800	27.000	27.000	34.600	34.600	44.600	44.600	52.400	52.400	61.600	61.600
	Směrodatná odchylka	0.400	0.400	0.748	0.748	0.894	0.894	0.490	0.490	0.490	0.490	0.490	0.490	0.490	0.490
	Variační koeficient	2.632	2.632	4.204	4.204	3.313	3.313	1.416	1.416	1.098	1.098	0.935	0.935	0.795	0.795
	95% IS	0.351	0.351	0.656	0.656	0.784	0.784	0.429	0.429	0.429	0.429	0.429	0.429	0.429	0.429

PES Kepr UNI směr útku		10 s		20 s		30 s		60 s		120 s		300 s		1800 s	
Dů	Do 42	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc
25	Průměr	4.200	4.200	7.200	7.200	18.000	18.000	26.600	26.600	29.000	29.000	34.800	34.800	47.400	47.400
	Směrodatná odchylka	0.748	0.748	0.400	0.400	0.632	0.632	1.356	1.356	0.894	0.894	0.400	0.400	0.490	0.490
	Variační koeficient	17.817	17.817	5.556	5.556	3.514	3.514	5.099	5.099	3.084	3.084	1.149	1.149	1.034	1.034
	95% IS	0.656	0.656	0.351	0.351	0.554	0.554	1.189	1.189	0.784	0.784	0.351	0.351	0.429	0.429
27	Průměr	5.000	5.000	9.800	9.800	20.600	20.600	28.800	28.800	31.000	31.000	35.800	35.800	43.800	43.800
	Směrodatná odchylka	0.000	0.000	0.400	0.400	1.020	1.020	0.400	0.400	0.000	0.000	0.748	0.748	0.748	0.748
	Variační koeficient	0.000	0.000	4.082	4.082	4.951	4.951	1.389	1.389	0.000	0.000	2.090	2.090	1.709	1.709
	95% IS	0.000	0.000	0.351	0.351	0.894	0.894	0.351	0.351	0.000	0.000	0.656	0.656	0.656	0.656
29	Průměr	6.600	6.600	11.000	11.000	23.400	23.400	30.600	30.600	32.800	32.800	39.000	39.000	42.400	42.400
	Směrodatná odchylka	1.356	1.356	0.894	0.894	0.490	0.490	0.490	0.490	0.748	0.748	0.632	0.632	0.490	0.490
	Variační koeficient	20.553	20.553	8.131	8.131	2.094	2.094	1.601	1.601	2.281	2.281	1.622	1.622	1.155	1.155
	95% IS	1.189	1.189	0.784	0.784	0.429	0.429	0.429	0.429	0.656	0.656	0.554	0.554	0.429	0.429
31	Průměr	13.000	13.000	14.400	14.400	23.400	23.400	32.800	32.800	35.000	35.000	41.000	41.000	60.600	60.600
	Směrodatná odchylka	0.632	0.632	0.490	0.490	1.855	1.855	1.470	1.470	1.095	1.095	0.894	0.894	0.490	0.490
	Variační koeficient	4.865	4.865	3.402	3.402	7.926	7.926	4.481	4.481	3.130	3.130	2.182	2.182	0.808	0.808
	95% IS	0.554	0.554	0.429	0.429	1.626	1.626	1.288	1.288	0.960	0.960	0.784	0.784	0.429	0.429
33	Průměr	15.200	15.200	17.800	17.800	27.000	27.000	34.600	34.600	36.800	36.800	42.200	42.200	55.600	55.600
	Směrodatná odchylka	0.400	0.400	0.748	0.748	0.894	0.894	0.490	0.490	0.748	0.748	1.166	1.166	11.808	11.808
	Variační koeficient	2.632	2.632	4.204	4.204	3.313	3.313	1.416	1.416	2.034	2.034	2.763	2.763	21.238	21.238
	95% IS	0.351	0.351	0.656	0.656	0.784	0.784	0.429	0.429	0.656	0.656	1.022	1.022	10.350	10.350

PES Atlas UNI směr osnovy		10 s		20 s		30 s		60 s		120 s		300 s		1800 s	
Dů	Do 42	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc
29	Průměr	5.200	5.200	10.400	10.400	30.400	30.400	60.800	60.800	70.800	70.800	80.600	80.600	96.200	96.200
	Směrodatná odchylka	0.400	0.400	0.490	0.490	1.625	1.625	0.748	0.748	0.748	0.748	0.490	0.490	0.980	0.980
	Variační koeficient	7.692	7.692	4.711	4.711	5.345	5.345	1.231	1.231	1.057	1.057	0.608	0.608	1.018	1.018
	95% IS	0.351	0.351	0.429	0.429	1.424	1.424	0.656	0.656	0.656	0.656	0.429	0.429	0.859	0.859
31	Průměr	4.400	4.400	10.000	10.000	28.200	28.200	59.600	59.600	69.400	69.400	80.400	80.400	96.400	96.400
	Směrodatná odchylka	0.800	0.800	0.632	0.632	1.166	1.166	1.020	1.020	0.800	0.800	0.800	0.800	1.020	1.020
	Variační koeficient	18.182	18.182	6.325	6.325	4.135	4.135	1.711	1.711	1.153	1.153	0.995	0.995	1.058	1.058
	95% IS	0.701	0.701	0.554	0.554	1.022	1.022	0.894	0.894	0.701	0.701	0.701	0.701	0.894	0.894
33	Průměr	3.800	3.800	11.000	11.000	27.600	27.600	63.200	63.200	73.400	73.400	80.200	80.200	98.000	98.000
	Směrodatná odchylka	0.748	0.748	0.894	0.894	1.356	1.356	1.166	1.166	1.200	1.200	1.720	1.720	1.897	1.897
	Variační koeficient	19.693	19.693	8.131	8.131	4.915	4.915	1.845	1.845	1.635	1.635	2.145	2.145	1.936	1.936
	95% IS	0.656	0.656	0.784	0.784	1.189	1.189	1.022	1.022	1.052	1.052	1.508	1.508	1.663	1.663
35	Průměr	3.000	3.000	9.000	9.000	27.600	27.600	58.000	58.000	67.800	67.800	74.400	74.400	90.600	90.600
	Směrodatná odchylka	0.632	0.632	0.894	0.894	1.625	1.625	0.632	0.632	0.748	0.748	0.490	0.490	0.800	0.800
	Variační koeficient	21.082	21.082	9.938	9.938	5.887	5.887	1.090	1.090	1.104	1.104	0.658	0.658	0.883	0.883
	95% IS	0.554	0.554	0.784	0.784	1.424	1.424	0.554	0.554	0.656	0.656	0.429	0.429	0.701	0.701
37	Průměr	2.600	2.600	8.600	8.600	28.200	28.200	57.400	57.400	67.200	67.200	73.000	73.000	90.000	90.000
	Směrodatná odchylka	0.490	0.490	0.490	0.490	1.166	1.166	1.020	1.020	0.748	0.748	0.894	0.894	0.000	0.000
	Variační koeficient	18.842	18.842	5.696	5.696	4.135	4.135	1.777	1.777	1.114	1.114	1.225	1.225	0.000	0.000
	95% IS	0.429	0.429	0.429	0.429	1.022	1.022	0.894	0.894	0.656	0.656	0.784	0.784	0.000	0.000

PES Atlas UNI směr útku		10 s		20 s		30 s		60 s		120 s		300 s		1800 s	
Dů	Do 42	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc
29	Průměr	0.600	0.600	1.900	1.900	14.200	14.200	29.600	29.600	49.600	49.600	60.600	60.600	64.200	64.200
	Směrodatná odchylka	0.490	0.490	0.663	0.663	0.748	0.748	1.020	1.020	1.020	1.020	0.490	0.490	0.748	0.748
	Variační koeficient	81.650	81.650	34.912	34.912	5.270	5.270	3.445	3.445	2.056	2.056	0.808	0.808	1.166	1.166
	95% IS	0.429	0.429	0.581	0.581	0.656	0.656	0.894	0.894	0.894	0.894	0.429	0.429	0.656	0.656
31	Průměr	2.000	2.000	3.200	3.200	18.400	18.400	35.800	35.800	55.800	55.800	70.600	70.600	74.800	74.800
	Směrodatná odchylka	0.632	0.632	0.400	0.400	1.356	1.356	1.166	1.166	1.166	1.166	0.800	0.800	0.980	0.980
	Variační koeficient	31.623	31.623	12.500	12.500	7.372	7.372	3.258	3.258	2.090	2.090	1.133	1.133	1.310	1.310
	95% IS	0.554	0.554	0.351	0.351	1.189	1.189	1.022	1.022	1.022	1.022	0.701	0.701	0.859	0.859
33	Průměr	3.200	3.200	4.200	4.200	20.800	20.800	35.600	35.600	55.600	55.600	74.200	74.200	78.800	78.800
	Směrodatná odchylka	0.748	0.748	0.980	0.980	0.748	0.748	0.490	0.490	0.490	0.490	0.748	0.748	0.748	0.748
	Variační koeficient	23.385	23.385	23.328	23.328	3.598	3.598	1.376	1.376	0.881	0.881	1.009	1.009	0.950	0.950
	95% IS	0.656	0.656	0.859	0.859	0.656	0.656	0.429	0.429	0.429	0.429	0.656	0.656	0.656	0.656
35	Průměr	2.000	2.000	3.400	3.400	15.400	15.400	34.600	34.600	54.800	54.800	75.600	75.600	81.600	81.600
	Směrodatná odchylka	0.894	0.894	0.490	0.490	1.020	1.020	0.800	0.800	0.748	0.748	0.490	0.490	1.020	1.020
	Variační koeficient	44.721	44.721	14.409	14.409	6.622	6.622	2.312	2.312	1.366	1.366	0.648	0.648	1.250	1.250
	95% IS	0.784	0.784	0.429	0.429	0.894	0.894	0.701	0.701	0.656	0.656	0.429	0.429	0.894	0.894
37	Průměr	1.800	1.800	2.800	2.800	14.800	14.800	33.000	33.000	53.600	53.600	77.000	77.000	79.600	75.600
	Směrodatná odchylka	0.748	0.748	0.748	0.748	0.748	0.748	0.632	0.632	0.800	0.800	1.265	1.265	0.490	0.490
	Variační koeficient	41.574	41.574	26.726	26.726	5.056	5.056	1.917	1.917	1.493	1.493	1.643	1.643	0.615	0.648
	95% IS	0.656	0.656	0.656	0.656	0.656	0.656	0.554	0.554	0.701	0.701	1.109	1.109	0.429	0.429

PAD Plátno UNI směr osnovy		10 s		20 s		30 s		60 s		120 s		300 s		1800 s	
Dů	Do 42	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc
12	Průměr	5.000	5.000	7.000	7.000	10.200	10.200	21.200	21.200	31.200	31.200	41.600	41.600	67.000	67.000
	Směrodatná odchylka	0.632	0.632	0.632	0.632	0.400	0.400	0.748	0.748	0.748	0.748	0.490	0.490	0.632	0.632
	Variační koeficient	12.649	12.649	9.035	9.035	3.922	3.922	3.530	3.530	2.398	2.398	1.178	1.178	0.944	0.944
	95% IS	0.554	0.554	0.554	0.554	0.351	0.351	0.656	0.656	0.656	0.656	0.429	0.429	0.554	0.554
14	Průměr	4.200	4.200	6.000	6.000	8.800	8.800	17.000	17.000	26.400	26.400	38.200	38.200	49.200	49.200
	Směrodatná odchylka	0.748	0.748	0.632	0.632	0.748	0.748	0.632	0.632	0.490	0.490	0.400	0.400	0.400	0.400
	Variační koeficient	17.817	17.817	10.541	10.541	8.504	8.504	3.720	3.720	1.856	1.856	1.047	1.047	0.813	0.813
	95% IS	0.656	0.656	0.554	0.554	0.656	0.656	0.554	0.554	0.429	0.429	0.351	0.351	0.351	0.351
16	Průměr	3.600	3.600	5.000	5.000	6.600	6.600	11.600	11.600	22.000	22.000	30.000	30.000	36.000	36.000
	Směrodatná odchylka	0.800	0.800	0.632	0.632	0.490	0.490	0.490	0.490	0.632	0.632	1.095	1.095	0.632	0.632
	Variační koeficient	22.222	22.222	12.649	12.649	7.423	7.423	4.223	4.223	2.875	2.875	3.651	3.651	1.757	1.757
	95% IS	0.701	0.701	0.554	0.554	0.429	0.429	0.429	0.429	0.554	0.554	0.960	0.960	0.554	0.554
18	Průměr	2.400	2.400	3.800	3.800	6.200	6.200	9.600	9.600	20.400	20.400	28.000	28.000	31.800	31.800
	Směrodatná odchylka	0.490	0.490	0.748	0.748	0.400	0.400	0.490	0.490	0.490	0.490	0.632	0.632	0.400	0.400
	Variační koeficient	20.412	20.412	19.693	19.693	6.452	6.452	5.103	5.103	2.401	2.401	2.259	2.259	1.258	1.258
	95% IS	0.429	0.429	0.656	0.656	0.351	0.351	0.429	0.429	0.429	0.429	0.554	0.554	0.351	0.351
20	Průměr	1.800	1.800	3.400	3.400	5.000	5.000	18.200	18.200	19.800	19.800	24.400	24.400	30.200	30.200
	Směrodatná odchylka	0.400	0.400	0.490	0.490	0.632	0.632	0.748	0.748	0.748	0.748	0.800	0.800	0.400	0.400
	Variační koeficient	22.222	22.222	14.409	14.409	12.649	12.649	4.112	4.112	3.779	3.779	3.279	3.279	1.325	1.325
	95% IS	0.351	0.351	0.429	0.429	0.554	0.554	0.656	0.656	0.656	0.656	0.701	0.701	0.351	0.351

PAD Plátno UNI směr útku		10 s		20 s		30 s		60 s		120 s		300 s		1800 s	
Dů	Do 42	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc
12	Průměr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Směrodatná odchylka	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	Variační koeficient	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	95% IS	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14	Průměr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.400	0.400
	Směrodatná odchylka	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.490	0.490
	Variační koeficient	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	122.474	122.474
	95% IS	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.429	0.429
16	Průměr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.600	0.600	1.600	1.600
	Směrodatná odchylka	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.490	0.490	0.490	0.490
	Variační koeficient	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	81.650	81.650	30.619	30.619
	95% IS	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.429	0.429	0.429	0.429
18	Průměr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	3.000	3.000
	Směrodatná odchylka	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.632	0.632	0.632	0.632
	Variační koeficient	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	63.246	63.246	21.082	21.082
	95% IS	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.554	0.554	0.554	0.554
20	Průměr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.800	0.800	1.600	1.600	4.000	4.000
	Směrodatná odchylka	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.748	0.748	0.490	0.490	0.632	0.632
	Variační koeficient	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	93.541	93.541	30.619	30.619	15.811	15.811
	95% IS	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.656	0.656	0.429	0.429	0.554	0.554

PAD Kepr UNI směr osnovy		10 s		20 s		30 s		60 s		120 s		300 s		1800 s	
Dů	Do 42	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc
24	Průměr	0.800	2.400	1.800	3.400	4.800	5.600	10.000	9.800	15.200	18.200	17.000	22.600	18.000	37.400
	Směrodatná odchylka	0.400	0.490	0.400	0.490	0.400	0.800	0.632	0.748	0.748	0.748	1.095	0.800	0.632	0.800
	Variační koeficient	50.000	20.412	22.222	14.409	8.333	14.286	6.325	7.636	4.923	4.112	6.444	3.540	3.514	2.139
	95% IS	0.351	0.429	0.351	0.429	0.351	0.701	0.554	0.656	0.656	0.656	0.960	0.701	0.554	0.701
26	Průměr	1.000	2.000	1.800	3.000	4.400	5.400	9.600	8.600	15.400	21.800	19.000	26.000	20.600	41.600
	Směrodatná odchylka	0.632	0.000	0.748	0.632	1.200	0.490	1.497	0.490	0.800	1.939	0.632	1.095	0.800	0.800
	Variační koeficient	63.246	0.000	41.574	21.082	27.273	9.072	15.590	5.696	5.195	8.895	3.329	4.213	3.883	1.923
	95% IS	0.554	0.000	0.656	0.554	1.052	0.429	1.312	0.429	0.701	1.700	0.554	0.960	0.701	0.701
28	Průměr	1.200	2.600	2.200	4.200	5.600	6.000	11.200	9.400	15.000	21.600	18.600	27.600	19.600	37.600
	Směrodatná odchylka	0.400	0.490	0.400	0.400	0.800	0.632	0.748	0.490	0.894	1.020	0.490	0.490	0.490	0.490
	Variační koeficient	33.333	18.842	18.182	9.524	14.286	10.541	6.682	5.212	5.963	4.721	2.634	1.775	2.499	1.303
	95% IS	0.351	0.429	0.351	0.351	0.701	0.554	0.656	0.429	0.784	0.894	0.429	0.429	0.429	0.429
30	Průměr	1.400	1.600	2.400	2.600	5.600	4.400	9.600	8.400	11.200	16.800	13.400	20.000	15.200	33.400
	Směrodatná odchylka	0.490	0.490	0.490	0.490	0.800	0.490	0.490	0.490	0.980	0.400	0.490	0.632	0.748	1.356
	Variační koeficient	34.993	30.619	20.412	18.842	14.286	11.134	5.103	5.832	8.748	2.381	3.656	3.162	4.923	4.061
	95% IS	0.429	0.429	0.429	0.429	0.701	0.429	0.429	0.429	0.859	0.351	0.429	0.554	0.656	1.189
32	Průměr	1.200	3.000	2.400	4.400	5.200	5.800	10.800	9.400	15.800	18.600	19.800	21.600	21.200	34.800
	Směrodatná odchylka	0.400	0.632	0.490	0.490	0.400	0.748	0.748	1.020	0.748	0.490	0.748	0.800	1.166	0.400
	Variační koeficient	33.333	21.082	20.412	11.134	7.692	12.902	6.929	10.849	4.736	2.634	3.779	3.704	5.501	1.149
	95% IS	0.351	0.554	0.429	0.429	0.351	0.656	0.656	0.894	0.656	0.429	0.656	0.701	1.022	0.351

PAD Kepr UNI směr útku		10 s		20 s		30 s		60 s		120 s		300 s		1800 s	
Dů	Do 42	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc
24	Průměr	0.000	0.000	0.000	4.800	0.000	4.800	0.800	13.600	2.400	16.000	4.600	20.000	9.000	25.200
	Směrodatná odchylka	0.000	0.000	0.000	0.748	0.000	0.748	0.400	1.020	0.490	1.095	0.490	1.095	0.632	1.470
	Variační koeficient	0.000	0.000	0.000	15.590	0.000	15.590	50.000	7.499	20.412	6.847	10.650	5.477	7.027	5.832
	95% IS	0.000	0.000	0.000	0.656	0.000	0.656	0.351	0.894	0.429	0.960	0.429	0.960	0.554	1.288
26	Průměr	0.000	0.000	0.000	5.200	0.000	5.400	0.200	12.600	3.000	14.600	4.800	19.800	9.200	23.400
	Směrodatná odchylka	0.000	0.000	0.000	0.400	0.000	0.490	0.400	0.800	0.894	1.020	0.748	1.166	0.748	2.154
	Variační koeficient	0.000	0.000	0.000	7.692	0.000	9.072	200.000	6.349	29.814	6.985	15.590	5.890	8.134	9.205
	95% IS	0.000	0.000	0.000	0.351	0.000	0.429	0.351	0.701	0.784	0.894	0.656	1.022	0.656	1.888
28	Průměr	0.000	0.000	0.000	4.000	0.000	4.200	0.400	10.400	1.000	14.200	2.200	20.000	7.600	23.600
	Směrodatná odchylka	0.000	0.000	0.000	0.632	0.000	0.400	0.490	0.490	0.000	1.166	0.400	0.000	0.490	0.800
	Variační koeficient	0.000	0.000	0.000	15.811	0.000	9.524	122.474	4.711	0.000	8.213	18.182	0.000	6.446	3.390
	95% IS	0.000	0.000	0.000	0.554	0.000	0.351	0.429	0.429	0.000	1.022	0.351	0.000	0.429	0.701
30	Průměr	0.000	0.000	0.600	0.400	1.800	1.800	7.000	10.200	7.000	13.800	13.600	17.800	15.200	27.000
	Směrodatná odchylka	0.000	0.000	0.490	0.490	0.748	0.980	0.632	0.748	0.632	0.748	1.020	1.166	1.470	0.632
	Variační koeficient	0.000	0.000	81.650	122.474	41.574	54.433	9.035	7.337	9.035	5.423	7.499	6.552	9.669	2.342
	95% IS	0.000	0.000	0.429	0.429	0.656	0.859	0.554	0.656	0.554	0.656	0.894	1.022	1.288	0.554
32	Průměr	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	1.800	2.000	4.200	2.000	8.600	13.000	11.800	14.600	27.400
	Směrodatná odchylka	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.748	0.632	0.400	0.632	0.490	0.632	0.748	0.800	1.200
	Variační koeficient	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	41.574	31.623	9.524	31.623	5.696	4.865	6.342	5.479	4.380
	95% IS	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.656	0.554	0.351	0.554	0.429	0.554	0.656	0.701	1.052

PAD Atlas UNI směr osnova		10 s		20 s		30 s		60 s		120 s		300 s		1800 s	
Dů	Do 42	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc
30	Průměr	1.200	4.200	1.800	13.400	4.800	15.600	10.000	32.000	10.800	35.400	11.600	42.600	18.000	47.200
	Směrodatná odchylka	0.400	1.166	0.400	0.490	0.400	0.800	0.632	0.894	0.400	0.800	0.490	0.800	0.632	0.748
	Variační koeficient	33.333	27.766	22.222	3.656	8.333	5.128	6.325	2.795	3.704	2.260	4.223	1.878	3.514	1.585
	95% IS	0.351	1.022	0.351	0.429	0.351	0.701	0.554	0.784	0.351	0.701	0.429	0.701	0.554	0.656
32	Průměr	1.600	7.800	1.800	13.000	4.400	15.400	9.600	30.600	11.800	36.000	15.600	45.800	20.600	49.000
	Směrodatná odchylka	1.356	0.748	0.748	0.632	1.200	0.490	1.497	0.800	0.748	0.632	1.356	1.166	0.800	1.095
	Variační koeficient	84.779	9.594	41.574	4.865	27.273	3.181	15.590	2.614	6.342	1.757	8.695	2.546	3.883	2.236
	95% IS	1.189	0.656	0.656	0.554	1.052	0.429	1.312	0.701	0.656	0.554	1.189	1.022	0.701	0.960
34	Průměr	1.800	4.200	2.200	14.400	5.600	26.400	11.200	55.000	15.400	58.400	18.600	66.600	19.600	69.600
	Směrodatná odchylka	1.166	0.400	0.400	0.490	0.800	1.855	0.748	0.632	0.490	0.800	0.490	1.497	0.490	1.020
	Variační koeficient	64.788	9.524	18.182	3.402	14.286	7.025	6.682	1.150	3.181	1.370	2.634	2.247	2.499	1.465
	95% IS	1.022	0.351	0.351	0.429	0.701	1.626	0.656	0.554	0.429	0.701	0.429	1.312	0.429	0.894
36	Průměr	1.800	2.600	2.400	12.400	5.600	26.000	9.600	61.600	13.600	63.800	16.600	65.800	18.200	67.800
	Směrodatná odchylka	0.748	0.490	0.490	0.490	0.800	0.632	0.490	2.059	1.497	0.748	1.020	0.748	0.748	0.748
	Variační koeficient	41.574	18.842	20.412	3.951	14.286	2.433	5.103	3.343	11.005	1.173	6.143	1.137	4.112	1.104
	95% IS	0.656	0.429	0.429	0.429	0.701	0.554	0.429	1.805	1.312	0.656	0.894	0.656	0.656	0.656
38	Průměr	1.200	4.400	2.200	14.400	5.600	26.400	10.800	41.200	15.800	44.000	18.800	53.600	19.800	57.600
	Směrodatná odchylka	0.400	0.490	0.400	0.490	0.490	0.490	0.748	1.166	0.748	1.789	0.748	1.356	0.748	0.800
	Variační koeficient	33.333	11.134	18.182	3.402	8.748	1.856	6.929	2.831	4.736	4.066	3.980	2.531	3.779	1.389
	95% IS	0.351	0.429	0.351	0.429	0.429	0.429	0.656	1.022	0.656	1.568	0.656	1.189	0.656	0.701

PAD Atlas UNI směr útku		10 s		20 s		30 s		60 s		120 s		300 s		1800 s	
Dů	Do 42	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc	rub	líc
30	Průměr	0.400	11.000	1.600	15.200	2.200	16.800	5.000	19.400	6.800	23.600	9.000	29.800	11.200	34.600
	Směrodatná odchylka	0.490	0.894	0.800	0.980	0.748	1.166	0.894	0.490	0.748	1.020	1.095	0.748	0.748	0.490
	Variační koeficient	122.474	8.131	50.000	6.446	34.015	6.942	17.889	2.525	11.005	4.321	12.172	2.511	6.682	1.416
	95% IS	0.429	0.784	0.701	0.859	0.656	1.022	0.784	0.429	0.656	0.894	0.960	0.656	0.656	0.429
32	Průměr	2.000	6.400	3.600	7.800	5.200	9.000	7.800	16.000	10.200	22.400	11.800	30.200	13.200	34.000
	Směrodatná odchylka	0.894	0.490	1.020	0.748	0.980	0.894	1.166	3.162	0.748	0.800	0.748	1.166	0.748	1.789
	Variační koeficient	44.721	7.655	28.328	9.594	18.842	9.938	14.951	19.764	7.337	3.571	6.342	3.862	5.669	5.261
	95% IS	0.784	0.429	0.894	0.656	0.859	0.784	1.022	2.772	0.656	0.701	0.656	1.022	0.656	1.568
34	Průměr	10.600	23.200	22.000	32.400	23.400	34.400	39.000	43.000	40.400	43.000	41.600	44.600	42.800	46.000
	Směrodatná odchylka	0.800	0.400	0.632	1.356	1.020	0.800	1.095	2.098	1.020	2.098	1.200	2.059	1.470	2.280
	Variační koeficient	7.547	1.724	2.875	4.187	4.358	2.326	2.809	4.878	2.524	4.878	2.885	4.617	3.434	4.957
	95% IS	0.701	0.351	0.554	1.189	0.894	0.701	0.960	1.839	0.894	1.839	1.052	1.805	1.288	1.999
36	Průměr	4.600	10.200	9.000	12.400	10.400	14.600	17.000	20.800	18.400	23.800	21.600	32.400	23.600	37.000
	Směrodatná odchylka	0.490	0.748	0.894	0.800	1.497	0.490	0.632	0.748	1.020	0.980	0.800	1.020	1.200	0.632
	Variační koeficient	10.650	7.337	9.938	6.452	14.391	3.355	3.720	3.598	5.542	4.117	3.704	3.148	5.085	1.709
	95% IS	0.429	0.656	0.784	0.701	1.312	0.429	0.554	0.656	0.894	0.859	0.701	0.894	1.052	0.554
38	Průměr	3.000	12.200	11.000	15.400	12.400	17.400	14.600	21.800	17.000	25.800	17.600	31.400	19.400	37.800
	Směrodatná odchylka	0.894	0.400	0.894	0.800	1.020	1.200	1.356	1.166	0.894	0.980	1.497	1.744	1.020	0.748
	Variační koeficient	29.814	3.279	8.131	5.195	8.224	6.897	9.291	5.349	5.261	3.798	8.504	5.553	5.257	1.980
	95% IS	0.784	0.351	0.784	0.701	0.894	1.052	1.189	1.022	0.784	0.859	1.312	1.528	0.894	0.656

Příloha 4: Teoretická nasákavost pomocí odmocninové aproximace

		Dostava	čas [s]						
			10	20	30	60	120	300	1800
PES směr osnovy		42	4.958	7.012	8.588	12.145	17.175	27.156	66.519
PES směr útku	plátno	21	10.079	14.254	17.457	24.688	34.914	55.204	135.222
		23	9.165	12.961	15.874	22.449	31.747	50.197	122.957
		25	8.397	11.875	14.544	20.568	29.087	45.991	112.655
		27	7.743	10.950	13.411	18.966	26.821	42.408	103.879
		29	7.179	10.152	12.434	17.584	24.868	39.320	96.313
	kepr	27	8.397	11.875	14.544	20.568	29.087	45.991	112.655
		29	7.743	10.950	13.411	18.966	26.821	42.408	103.879
		31	7.179	10.152	12.434	17.584	24.868	39.320	96.313
		33	6.688	9.458	11.583	16.381	23.167	36.630	89.724
		35	6.256	8.847	10.836	15.324	21.672	34.266	83.934
	atlas	31	7.179	10.152	12.434	17.584	24.868	39.320	96.313
		33	6.688	9.458	11.583	16.381	23.167	36.630	89.724
		35	6.256	8.847	10.836	15.324	21.672	34.266	83.934
		37	5.874	8.307	10.174	14.388	20.347	32.172	78.805
		39	5.533	7.825	9.583	13.553	19.166	30.304	74.230
PAD směr osnovy		42	5.256	7.434	9.104	12.875	18.208	28.790	70.521
PAD směr útku	plátno	12	10.340	14.622	17.909	25.327	35.818	56.633	138.721
		14	9.425	13.330	16.325	23.088	32.651	51.626	126.456
		16	8.658	12.244	14.995	21.207	29.991	47.420	116.154
		18	8.003	11.319	13.862	19.604	27.725	43.837	107.378
		20	7.440	10.521	12.886	18.223	25.771	40.748	99.813
	kepr	24	8.658	12.244	14.995	21.207	29.991	47.420	116.154
		26	8.003	11.319	13.862	19.604	27.725	43.837	107.378
		28	7.440	10.521	12.886	18.223	25.771	40.748	99.813
		30	6.948	9.827	12.035	17.020	24.070	38.058	93.223
		32	6.517	9.216	11.288	15.963	22.575	35.694	87.433
	atlas	30	7.440	10.521	12.886	18.223	25.771	40.748	99.813
		32	6.948	9.827	12.035	17.020	24.070	38.058	93.223
		34	6.517	9.216	11.288	15.963	22.575	35.694	87.433
		36	6.135	8.676	10.625	15.027	21.251	33.600	82.304
		38	5.794	8.193	10.035	14.191	20.070	31.733	77.730

Příloha 5: Vztah mezi experimentální a teoretickou nasákavostí

